

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของสารผสมเพิ่มต่อการหดตัวในชั้นส่วนคอนกรีต

EFFECTS OF ADMIXTURE AUTOGENIOUS SHINKAGE OF CONCRETE

โดย

นาย บัญชา

อุทัยรักษ์

นาย รุติ

รามศิริ

นาย ศุภวิทย์

วุฒิบูรณ์

รายงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**80856**
วัน,เดือน,ปี.....**23 พ.ค. 2551**

b. **11841394**
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF ADMIXTURE AUTOGENIOUS SHINKAGE OF CONCRETE

MR.BUNCHA AUTTAYARAK
MR.TITI RAMSRIRI
MR.SUPAVID WUDTIBOON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อ โครงการพิเศษ ผลกระทบของสารผสมเพิ่มต่อการหดตัวในชั้นส่วนคอนกรีต

นักศึกษา

นาย บัญชา อุทยารักษ์ รหัสประจำตัว 47015442
นาย ฐิติ รามศิริ รหัสประจำตัว 47015803
นาย ศุภวิทย์ วุฒิบุรณ์ รหัสประจำตัว 47015821

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา

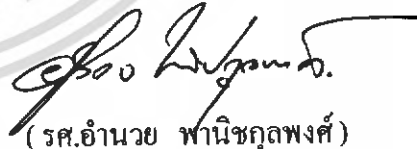
วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. คมสัน มาลีสี

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ. อำนวย พานิชกุลพงศ์ ผศ.ดร. คมสัน มาลีสี อ. ศิลปชัย งานสุวรรณ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว


(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เมษายน 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

ผลกระทบของสารผสมเพิ่มเติมการหดตัวในชั้นคอนกรีต

นักศึกษา

นาย บัญชา อุทัยรักษ์ รหัสประจำตัว 47015442
นาย จูติ รามศิริ รหัสประจำตัว 47015803
นาย ศุภวิทย์ วุฒินุรณ รหัสประจำตัว 47015821

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. คมสัน มาลีสี

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา

2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาผลกระทบของสารผสมเพิ่มเติมการหดตัวในชั้นคอนกรีต ในชั้นแรกจะทำการทดลองหาสัดส่วนของสารผสมเพิ่มที่เหมาะสมของ อัตราการไหลของซีเมนต์เพลส ทดสอบอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพลส และทำการทดสอบการยึดหดตัวของซีเมนต์เพลสและคอนกรีต ที่ได้ส่วนผสมของสารลดน้ำ และสารเร่งการก่อตัว โดยการบ่มโดยวิธีใช้พลาสติกคลุมทำการทดสอบการเพื่อหาการยึดหดตัวตลอด 28 วัน

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตโครงสร้าง คอนกรีตหล่อสำเร็จ และงานก่อฉาบ ฯลฯ เพื่อลดการแตกร้าวในส่วนหนึ่งของโครงสร้างเนื่องจากการหดตัวได้

Title : EFFECTS OF ADMIXTURE AUTOGENIOUS
SHINKAGE OF CONCRETE

Name : MR.BUNCHA AUTTAYARAK
MR.TITI RAMSRIRI
MR.SUPAVID WUDTIBOON

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASST. PROF.COMSAN MALEESEE

ABSTRACT

This Project is study Effects of Admixture Autogenous Shrinkage of Concrete, The first test will to find about suitable admixture ratio of cement press ,bleeding rate of cement press test and shrinkage of cement press and then put plasticizer and accelerater in concrete in curing condition from plastic close for 28 days to find about shrinkage.

Data from research can apply to improve concrete structure quality, pre cast concrete , etc. for reduce shrinkage crack in structure.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดีต้องกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ศศ.ดร.คมสัน มาลีสี ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและได้ถ่ายทอดความรู้ในเรื่องของคอนกรีตอย่างสุดความสามารถและความจริงใจของท่าน ทำให้กลุ่มการทดลองได้มีความรู้ในเรื่องอิทธิพลของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อการยึดหดตัวของคอนกรีตซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาความรู้ในด้านคอนกรีต เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพวิศวกรรมโยธาต่อไป นอกเหนือจากท่านจะให้ความรู้แล้ว ท่านยังให้กำลังใจในการทำงาน ดูแลและให้คำปรึกษาอย่างเป็นกันเองตั้งแต่เริ่มทำโครงการจนจนโครงการสำเร็จจุดส่ง กราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและได้ถ่ายทอดวิชาที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย จนทำให้สามารถนำความรู้มาช่วยทำให้การวิจัยสำเร็จไปด้วยดีกลุ่มวิจัยหวังอย่างยิ่งว่าความรู้ที่กลุ่มวิจัยได้ทำการศึกษาทดลอง กลุ่มวิจัยหวังอย่างยิ่งว่าความรู้ที่กลุ่มวิจัยได้ทำการศึกษาทดลอง วิจัยนี้จะมี ประโยชน์ ไม่น่าก็น้อยต่อผู้ที่มาศึกษาต่อในค่านงานวิจัยนี้

อนึ่งทางกลุ่มการทดลอง ขอขอบพระคุณห้องทดสอบ ภาควิศวกรรม โยธาที่ได้ให้อุปกรณ์สนับสนุน การทดลอง ขอขอบคุณเพื่อนภาควิศวกรรม โยธาที่ให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลกันในระหว่างการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และญาติพี่น้องที่ให้ความช่วยเหลืออันดีในทุกสิ่งทุกอย่างและเป็นกำลังใจตลอดด้วยดีเสมอมา

นาย บัญชา อุทัยรักษ์

นาย ฐิติ รามศิริ

นาย ศุภวิทย์ วุฒิบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	ใบรองรับ โครงงานพิเศษ	ค
	บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ง
	บทคัดย่อภาษา(ภาษาอังกฤษ)	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญรูป	ญ
1	บทนำ	1
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของ โครงงานพิเศษ	2
	1.4. ขอบเขตของงานวิจัย	2
	1.5. วิธีการศึกษา	3
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.7. แผนการดำเนินงานตลอด โครงการวิจัย	4
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. กล่าวนำ	5
	2.2. คุณสมบัติของซีเมนต์ที่มีผลต่อคอนกรีต	5
	2.3. คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4. คุณสมบัติของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อคอนกรีต	7
	2.5. ค่าระยะห่างระหว่างมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต	11
	2.6. การหาคัดัว	11
3	วิธีการศึกษา	
	3.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	14
	3.1.1. ปูนซีเมนต์ประเภท 1	14
	3.1.2. สารเคมี (Admixtures)	15
	3.1.3. คุณสมบัติของน้ำที่ใช้	16
	3.1.4. เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์ (Hobart type)	16
	3.1.5. เครื่องผสมคอนกรีต	17
	3.1.6. อุปกรณ์ไวแคท (Vicat Apparatus)	17
	3.1.7. อุปกรณ์ทดสอบอัตราการไหล	18
	3.1.8. แบบหล่อตัวอย่างทดสอบ	18
	3.2. การดำเนินการทดสอบ	20
	3.2.1. การดำเนินการทดสอบซีเมนต์เพสต์	20
	3.2.2. การดำเนินการทดสอบการยึดหดตัวของคอนกรีต	25
	3.3. การดำเนินการทดสอบการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage)	26
4	ผลการทดลอง	
	4.1. ผลทดสอบอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์	29
	4.2. ผลทดสอบอัตราอัตราการเข้มน้ำของซีเมนต์เพสต์	31
	4.3. ผลทดสอบอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์	35
	4.4. ผลทดสอบอัตราการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ (Autogenous Shrinkage)	37
	4.5. ผลทดสอบอัตราการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	สรุป	
	5.1. สรุปทดสอบอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	43
	5.2. สรุปทดสอบอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	43
	5.3. สรุปทดสอบอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	43
	5.4. สรุปผลการทดสอบการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ (Autogenous Shrinkage)	44
	5.5. ข้อเสนอแนะ	44
	บรรณานุกรม	45
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	ผก 1
	ภาคผนวก ข. ข้อมูลอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	ผข 1
	ภาคผนวก ค. ข้อมูลอัตราการใช้ของซีเมนต์เพสต์	ผค 1
	ภาคผนวก ง. ข้อมูลการหดตัวของซีเมนต์เพสต์	ผง 1
	ภาคผนวก จ. ข้อมูลการหดตัวของคอนกรีต	ผจ 1

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 1.1.	แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	4
รูปที่ 3.1.	สารลดน้ำ Super 20+	15
รูปที่ 3.2.	สารเร่งการก่อตัว Set Accelerating	15
รูปที่ 3.3.	เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์ Hobart type	16
รูปที่ 3.4.	เครื่องผสมคอนกรีต	17
รูปที่ 3.5.	อุปกรณ์ไวแคท Vicat Apparatus	17
รูปที่ 3.6.	อุปกรณ์ทดสอบอัตราการไหล	18
รูปที่ 3.7.	แบบหล่อซีเมนต์เพสต์	18
รูปที่ 3.8.	แบบหล่อคอนกรีต	19
รูปที่ 3.9.	การบ่มตัวอย่าง โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมซีเมนต์เพสต์และคอนกรีต	24
รูปที่ 3.10.	เครื่องมือที่ใช้ในการวัด Autogenous Shrinkage	26
รูปที่ 3.11.	ลักษณะแกนเหล็กที่ยื่นเข้ามาในเนื้อแบบ	27
รูปที่ 3.12.	วิธีการวัดระยะห่างระหว่างแกนเหล็กทั้งสองข้าง	27
รูปที่ 3.13.	การเทซีเมนต์เพสต์ที่ผสมลงในแบบ	28
รูปที่ 3.14.	วิธีการวัดก้อนตัวอย่าง	28
รูปที่ 3.15.	กราฟแสดงอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30	29
รูปที่ 3.16.	กราฟแสดงอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40	30
รูปที่ 3.17.	กราฟอัตราการเข้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30	31
รูปที่ 3.18.	กราฟอัตราการเข้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40	32
รูปที่ 3.19.	กราฟอัตราการเข้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30	33
รูปที่ 3.20.	กราฟอัตราการเข้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40	34
รูปที่ 3.21.	กราฟอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30	35
รูปที่ 3.22.	กราฟแสดงอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40	36
รูปที่ 3.23.	กราฟแสดงการยึดหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30	37
รูปที่ 3.24.	กราฟแสดงการยึดหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40	38
รูปที่ 3.25.	กราฟแสดงค่าการยึดหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.3	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.26.	กราฟแสดงค่าการยืดหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.4	40
รูปที่ 3.27.	กราฟแสดงค่าอัตราการยืดหดตัวของคอนกรีตผสมสารลดน้ำ	41
รูปที่ 3.28.	กราฟแสดงค่าอัตราการยืดหดตัวของคอนกรีตผสมสารเร่งการก่อตัว	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นงานหรือธุรกิจใดก็ตาม สิ่งที่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ ค่าใช้จ่ายและเวลา แต่สำหรับปัจจัยสำคัญในการก่อสร้างคอนกรีต คือ วัสดุวิศวกรรมที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้าง โครงสร้างต่าง ๆ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ เป็นส่วนผสมของคอนกรีต มีอยู่เป็นจำนวนมาก ตามธรรมชาติ มีความคงทนสูง และมีราคาไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับวัสดุวิศวกรรมก่อสร้างชนิดอื่น ๆ ขณะที่ประโยชน์ที่ได้รับ ยังตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้หลายรูปแบบ คอนกรีตยังมีข้อดีของการยึดหดตัวของคอนกรีต ทำให้ชิ้นส่วนโครงสร้างของคอนกรีต เกิดการแตกร้าวได้ ยิ่งในปัจจุบันนี้มีสารผสมเพิ่มหลายอย่างที่จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างแก่คอนกรีต ในจุดนี้เองที่งานก่อสร้างควรต้องทราบอัตราส่วนสารผสมเพิ่มที่ผสมกับคอนกรีตนั้น แล้วมีผลอย่างไรต่อคอนกรีตทั้งทางตรงและทางอ้อม และเพื่อไม่ให้เกิดมีปัญหาคามาในภายหลัง ทำให้สามารถดำเนินงานก่อสร้างในส่วนอื่นและเป็นไปตามที่วางแผนไว้

1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยอุตสาหกรรมก่อสร้างในปัจจุบันกำลังขยายตัวและเติบโตอย่างกว้างขวาง ผลจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย เช่น ได้มีการนำเอาสารต่างๆ มาใช้ในการผสมคอนกรีต (Admixture) เพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ได้ตามคุณสมบัติที่ต้องการ เช่น ให้คอนกรีตมีความแข็งแรงที่ดี ให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับกำลังได้รวดเร็ว ให้คอนกรีตมีการก่อตัวที่ช้าลง ลดการคายน้ำในคอนกรีต ซึ่งสำหรับในประเทศไทยแล้วผลกระทบของการใส่สารผสมเพิ่มนี้ยังไม่ได้มีการวัดหรือวิเคราะห์ในแง่ต่างๆ ที่ละเอียดเพียงพอ โดยเฉพาะผลกระทบของการใส่สารผสมเพิ่มกับการหดตัวที่เกิดขึ้นใน โครงสร้างคอนกรีตหรือในงานก่อสร้าง ซึ่งเนื่องจากปัญหาที่พบอยู่ในปัจจุบันคือการแตกร้าวที่ผิวหน้าของคอนกรีตพื้นและผนังที่เท โดยใช้ปิมคอนกรีตในปริมาณมากๆ การเทคอนกรีตผนังถึงเก็บน้ำหรือห้องใต้ดินที่มีความสูงมากๆ และยังรวมถึงสารผสมเพิ่มในคอนกรีตบางตัวยังมีผลต่อคุณสมบัติของ Floor hardener ที่ใช้เคลือบผิวหน้าของพื้นโรงงานต่างๆ ด้วย ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาผลกระทบของการใช้สารผสมเพิ่มชนิดต่างๆ กับการหดตัว (Autogenous shrinkage) ที่เกิดขึ้นใน โครงสร้างคอนกรีตหรือในงานก่อสร้าง เพื่อที่จะสามารถได้เลือกใส่สารผสมเพิ่มให้ถูกกับชนิดของงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการก่อสร้างต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาอัตราการหดตัว (Autogenous shrinkage) ของชิ้นส่วนคอนกรีตตัวอย่างที่มีการผสมสารผสมเพิ่ม (Admixture) ชนิดต่างๆ
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการบ่มกับการหดตัวของชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตทั้งที่ใส่สารผสมเพิ่มและไม่ใส่สารผสมเพิ่ม
3. เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยมาปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตโครงสร้าง คอนกรีตหล่อสำเร็จ และงานก่อฉาบ ฯลฯ เพื่อลดการแตกร้าวในส่วนหนึ่งของโครงสร้างเนื่องจากการหดตัว
4. เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทย ให้โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทานทั้งยังมีความสวยงามคงทนยาวนาน

1.4. ขอบเขตของการวิจัย

ทดสอบผลกระทบของสารผสมเพิ่มต่อการหดตัวในชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

1. ผลกระทบของอุณหภูมิเนื่องจากสารผสมเพิ่มต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
 - ระยะเวลาการก่อตัวของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
 - การแตกร้าวของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
2. ปริมาณของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
 - อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสม
 - ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต
3. ชนิดของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
 - อุณหภูมิของคอนกรีต
 - ระยะเวลาการก่อตัวของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

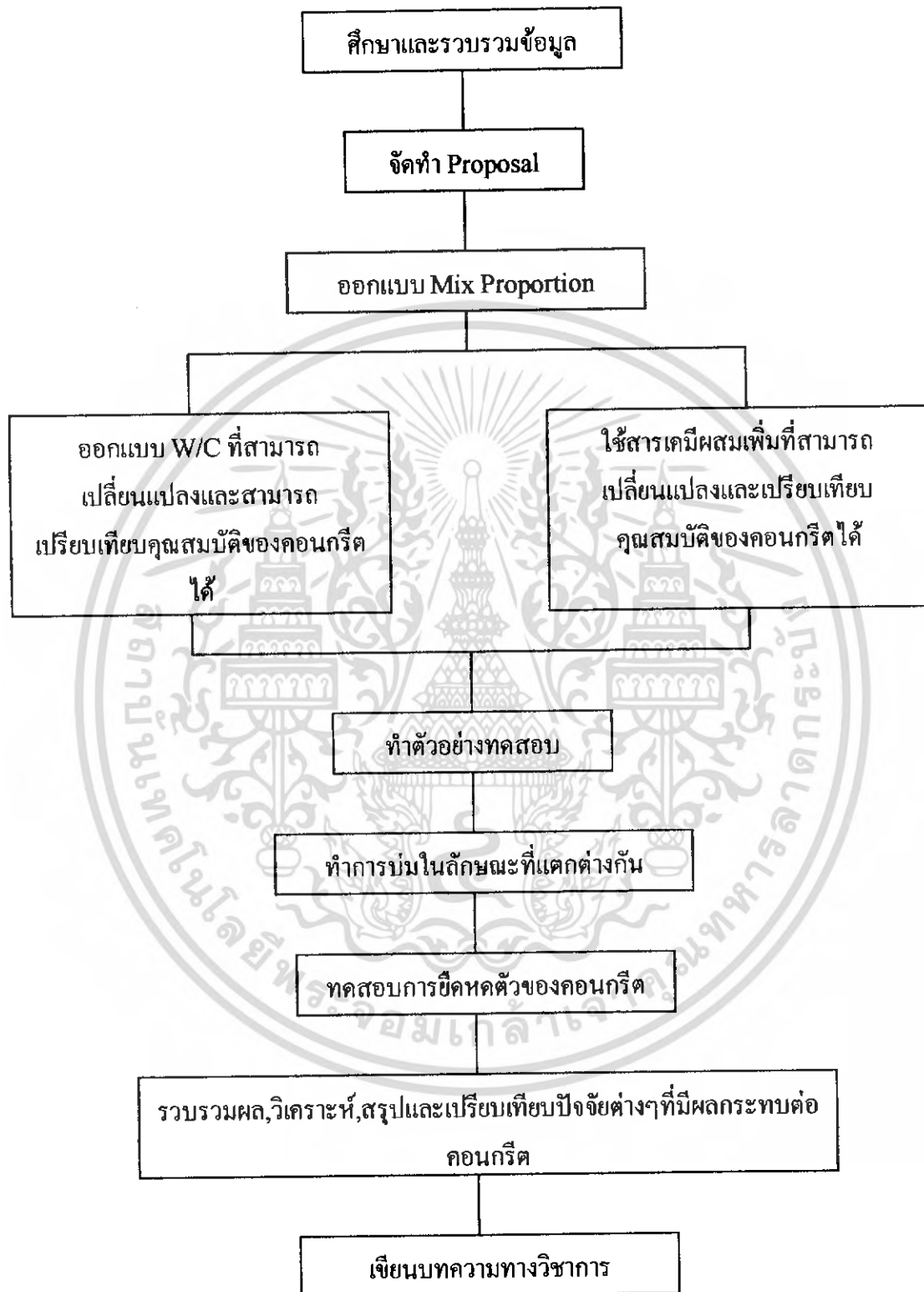
1.5. วิธีการศึกษา

1. รวบรวมสารผสมเพิ่ม(Admixture)ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในวงการคอนกรีตผสมเสร็จ(Ready mix concrete) เพื่อนำมาผสมในการผลิตชิ้นส่วนตัวอย่าง
2. รวบรวมสารผสมเพิ่มพิเศษต่างๆ ที่ใช้ในการเร่งการก่อตัว และชะลอระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตสดเพื่อนำมาผสมในการผลิตชิ้นส่วนตัวอย่าง
3. รวบรวมสารผสมเพิ่มที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตในโรงงานโครงสร้างพิเศษ เพื่อนำมาผสมในการผลิตชิ้นส่วนตัวอย่าง
4. สร้างแบบจำลองที่ใช้ในการหล่อชิ้นส่วนตัวอย่าง เพื่อใช้วัดผลกระทบของการใส่สารผสมเพิ่มกับค่าการหดตัวของโครงสร้าง
5. นำแท่งตัวอย่างที่หล่อเสร็จแล้ว ไปบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมในช่วงอายุ 28 วัน โดยทำการวัดค่า Autogenous Shrinkage

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้องค์ความรู้ทางด้านการหดตัว(Autogenous Shrinkage)เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายของวงการก่อสร้างในเมืองไทยเพื่อเป็นพื้นฐานในการช่วยลดการแตกร้าวของ โครงสร้างต่างๆ ได้
2. ได้พัฒนาส่วนผสมของคอนกรีตให้มีความเหมาะสม และนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพกับการก่อสร้างในเมืองไทย
3. ได้พัฒนาการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐานมากขึ้น
4. ช่วยลดความสูญเสียเนื่องจากการซ่อมแซมอาคาร และสิ่งก่อสร้างต่างๆและป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นตามมา จากการแตกร้าวของคอนกรีต อาทิ เช่น การแตกร้าวที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำให้เกิดความเสียหายในชั้นร้ายแรงได้

แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับโครงการ มีการรวบรวมประเด็นแนวคิด ทฤษฎี หรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

2.2. คุณสมบัติของซีเมนต์ที่มีผลต่อกอนกรีต

องค์ประกอบของซีเมนต์ สารประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในซีเมนต์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติต่างๆ ของซีเมนต์เมื่อนำไปผสมกับน้ำเพื่อทำเป็นมอร์ตาร์หรือคอนกรีต เช่น อัตราการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน กำลังรับแรงอัดในระยะแรก (Early strength) และระยะหลัง (Ultimate strength) ความทนทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต (Sulfate-resistance) มีดังนี้

ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate, C_3S) ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดได้เร็วในระยะแรกประมาณ 14 วันหลังการผสม มีอัตราการทำปฏิกิริยากับน้ำปานกลาง ก่อตัวภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ให้ความร้อนปานกลางประมาณ 120 แคลอรี/กรัม ทนต่อซัลเฟต

ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium Silicate, C_2S) ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดในระยะหลัง ประมาณ 14-28 วันและเรื่อยไปหลังได้รับการบ่มชื้น ทำปฏิกิริยากับน้ำช้าให้ความร้อนน้อยประมาณ 60 แคลอรี/กรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยามีการทนทานสูงต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตและมีการหดตัวน้อย

ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Aluminate, C_3A) ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดได้เร็วมากในระยะแรกประมาณ 1 วันหลังการผสมเพราะทำปฏิกิริยากับน้ำทันที ก่อและแข็งตัวเร็วโดยให้ความร้อนมากประมาณ 210 แคลอรี/กรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน แต่ไม่ช่วยเพิ่มกำลังรับแรงในระยะหลัง ทำให้เกิดความไม่คงตัว (Unsoundness) และไม่ทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต

เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ (Tetracalcium Aluminoferrite, C_4AF) ไม่มีส่วนในการพัฒนากำลังรับแรงอัดแต่ให้ความร้อนน้อยในปฏิกิริยาไฮเดรชัน ประมาณ 100 แคลอรี/กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/cement ratio) ส่วนผสมของน้ำที่ผสมในคอนกรีต มีหน้าที่สำคัญ 2 อย่างคือ มีหน้าที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับซีเมนต์และช่วยหล่อลื่นระหว่างอนุภาคเพิ่มความสามารถในการเทได้ ปริมาณน้ำที่ผสมจะมีบทบาทมากต่อกำลังของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตจะสูงขึ้นเมื่อน้ำผสมลดลง ปฏิกิริยาไฮเดรชันจะต้องการน้ำจำนวนหนึ่งเท่านั้น โดยมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณเท่ากับ 0.28

ในการผสมคอนกรีตตามปกติอาจใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากกว่า 0.35 ขึ้นไป ซึ่งน้ำส่วนนี้จะทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียกและหล่อลื่นให้คอนกรีตเหลวเข้าแบบได้ง่าย น้ำส่วนนี้เรียกว่า “น้ำส่วนเกิน” (Excess water) ถ้ามีมากจะทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) การแยกตัว (Segregation) กำลังรับแรงอัดต่ำลง มีการหดตัว (Shrinkage) มากขึ้นและเกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตมากขึ้น

2.3. คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต

ขนาดใหญ่สุดของวัสดุมวลรวม (Maximum size of aggregate) ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้มีผลโดยตรงกับปริมาณซีเมนต์พิเศษที่ต้องการและขนาดคละของวัสดุผสม กล่าวคือ มวลรวมที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวโดยรวมน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น เมื่อพิจารณาให้น้ำหนักของมวลรวมเท่ากัน มวลรวมขนาดใหญ่จึงต้องการปริมาณน้ำและซีเมนต์น้อยกว่า เพื่อให้มีความสามารถเทได้เท่ากัน หรือถ้าพิจารณาให้ปริมาณซีเมนต์และค่าการยุบตัวเท่ากัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้มวลรวมขนาดใหญ่ขึ้น เพราะสามารถลดปริมาณน้ำหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

ขนาดคละ (Gradation) คือ การกระจายของขนาดต่างๆของอนุภาควัสดุมวลรวม เป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกำหนดปริมาณซีเมนต์พิเศษที่ต้องการสำหรับคอนกรีตสด (Fresh Concrete) คือ ถ้าใช้หินและทรายหลายขนาดที่ลดหลั่นกัน มาผสมกัน โดยมีขนาดคละที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด ทำให้ปริมาณซีเมนต์พิเศษที่ใช้มีน้อยสุดตามไปด้วย ซึ่งทำให้ประหยัดปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้

2.4. คุณสมบัติของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อกอนกรีต

สารผสมเพิ่ม (Admixtures) หมายถึงสารใดๆนอกเหนือจากน้ำ ปูนซีเมนต์ หินและทราย ที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตทั้งก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตขณะยังเหลวอยู่หรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพสิ่งแวดล้อมและสภาพการทำงาน วัตถุประสงค์ต่างๆ ไปของการใช้สารผสมเพิ่มคือ ปรับปรุงความสามารถเทได้ เร่งหรือหน่วงเวลาการก่อตัว ควบคุมหรือพัฒนากำลังรับแรงอัด ปรับปรุงคุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน การทนต่อการกรดและซัลเฟต หรือเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง แต่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำลายคุณภาพของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบของซีเมนต์และเหล็กเสริมซึ่งจะทำให้คุณสมบัติเด่นของสารผสมเพิ่มแต่ละตัวเสียไป ประเภทของสารที่ใช้แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 4 กลุ่ม คือ

1. สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-entraining agents) ใช้เพื่อปรับปรุงความสามารถในการเทโดยเพิ่มปริมาณฟองอากาศเล็กๆ แต่จะมีผลต่อกำลังรับแรงอัด ถ้ามีจำนวนฟองอากาศมากเกินไป
2. สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical admixtures) เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำเติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ
3. สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral admixtures) เป็นวัสดุผงละเอียด ใช้ปรับปรุงความสามารถ ในการใช้งาน เพิ่มความคงทนทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการก่อตัวดีขึ้น สามารถใช้ทดแทนปริมาณซีเมนต์ได้บางส่วน
4. สารผสมเพิ่มอื่นที่ไม่จัดอยู่ในสามประเภทแรก เช่น สารป้องกันการซึม สารป้องกันเชื้อรา สำหรับติดตกแต่ง เป็นต้น

ในส่วนของสารเคมีผสมเพิ่มนั้น อาจแบ่งได้อีกเป็น 7 ประเภทตามมาตรฐาน ASTM C494 (1996) คือ

- ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water reducing)
- ประเภท B สารยืดยืดเวลาการก่อตัว (Retarding)
- ประเภท C สารเร่งเวลาการก่อตัวและการแข็งตัว (Accelerating)
- ประเภท D สารลดปริมาณน้ำและยืดยืดการก่อตัว (Water reducing and retarding)
- ประเภท E สารลดปริมาณน้ำและเร่งการก่อตัว (Water reducing and accelerating)
- ประเภท F สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก (High range water reducing)
- ประเภท G สารลดปริมาณน้ำจำนวนมากและยืดยืดเวลาการก่อตัว (High range water reducing and Retarding)

เนื่องจากการศึกษานี้ ต้องการคอนกรีตที่มีกำลังสูงเร็วซึ่งในมาตรฐาน ASTM ยังไม่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทใดทำให้มีคุณสมบัติตามต้องการนี้ ดังนั้นจึงเลือกใช้สารเคมีผสมเพิ่ม 2 ประเภทร่วมกัน คือ สารลดปริมาณน้ำเพื่อลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตที่ได้มีกำลังสูงขึ้น และสามารถทำงานได้ง่ายเมื่อยังไม่แข็งตัว และในขณะเดียวกันก็ต้องการให้คอนกรีตรับแรงอัดได้เร็วขึ้นด้วย สารเร่งการก่อตัวจึงถูกนำมาใช้ร่วมด้วยเพื่อช่วยในการเร่งการพัฒนา กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ดังนั้น จึงเน้นถึงการศึกษากลไกการทำงานและผลที่จะได้รับจากการผสมสารเคมีผสมเพิ่มทั้ง 2 ชนิดนี้ในคอนกรีต ซึ่งคณะผู้ทดลองจะขออธิบายเกี่ยวกับสารเคมีผสมเพิ่มทั้งสองชนิดดังกล่าวอย่างคร่าวๆ ดังนี้

สารลดปริมาณน้ำ

ประโยชน์

ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทพได้ตามที่ต้องการ โดยใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมลดลงในขณะที่ปริมาณซีเมนต์คงที่ ซึ่งทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสูงขึ้น

ประเภทของสารลดปริมาณน้ำ

สารลดปริมาณน้ำสามารถจำแนกได้อย่างคร่าวๆ ตามสารประกอบพื้นฐาน (Based components) ดังนี้

1. สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดลิกโนซัลโฟนิกเป็นสารประกอบหลัก
2. สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดไฮดรอกซีคาร์โบไฮลิกเป็นสารประกอบหลัก
3. สารลดปริมาณน้ำที่มีเมลามีนหรือเนฟทาลินเป็นสารประกอบหลัก

ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเหลว

ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเหลว โดยตรงคือทำให้คอนกรีตที่ได้มีความสามารถเทได้ดีขึ้น แต่การใช้ปริมาณสารลดปริมาณน้ำประเภทนี้ในการผสมมากเกินไปจะทำให้เกิดการหน่วงตัวขึ้นได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มฟองอากาศแก่คอนกรีตเหลวเล็กน้อยประมาณ 0.2 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดลิกโนซัลโฟนิกเป็นสารประกอบหลักเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตเหลวธรรมดา แต่ถ้าใช้สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดไฮดรอกซีคาร์โบไฮลิกเป็นสารประกอบหลักจะลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตเหลวลงเล็กน้อย

ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว

เนื่องจากการผสมคอนกรีตต้องการปริมาณน้ำลดลงเพื่อให้ได้ความสามารถเทได้เท่าเดิม ดังนั้นการใช้สารลดปริมาณน้ำจึงเป็นการลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ส่งผลให้การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเร็วขึ้น นอกจากนี้การใช้สารลดปริมาณน้ำยังช่วยลดปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ด้วย จึงทำให้คอนกรีตที่ผสมได้มีราคาถูกลง เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อด้านการหดตัวและความล้า (Shrinkage and creep) เมื่อนำคอนกรีตที่ผสมไปใช้งาน พบว่าไม่มีผลกระทบใดๆ

กลไกการทำงาน

กลไกการทำงานสารเคมีผสมเพิ่มชนิดนี้จะช่วยลดความต้องการน้ำของคอนกรีต ทั้งนี้ เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวต่อระหว่างของแข็งและน้ำในคอนกรีต ปกติอนุภาคซีเมนต์ต่างๆในคอนกรีตจะมีประจุไฟฟ้าเหลือตกค้างบนผิวซึ่งมีทั้งขั้วบวกและลบ ทำให้อาจมีการจับตัวกันเป็นก้อน (Flocculate) ซึ่งสามารถดูน้ำในคอนกรีตจำนวนมากทำให้เหลือน้ำหล่อลื่นน้อย โมเลกุลของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ช่วยทำให้ประจุเป็นกลางหรืออาจทำให้เกิดประจุชนิดเดียวกันก็ได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการแยกตัวกันในเนื้อซีเมนต์เฟสค์ ดังนั้นการใช้สารลดปริมาณน้ำหรือสารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก จะช่วยเพิ่มความสามารถทดแทนหน้าที่ของน้ำเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

สารเร่งการก่อตัว

ประโยชน์

เป็นสารเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่งผลทำให้เร่งการก่อตัวและพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในช่วงต้น

ประเภทของสารเร่งการก่อตัว

สารเร่งการก่อตัวที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามสารประกอบพื้นฐาน (Based components) ที่มีอยู่ในสารเร่งการก่อตัวแต่ละตัวดังนี้

1. สารเร่งการก่อตัวชนิดที่มีคลอไรด์เป็นสารประกอบพื้นฐาน
2. สารเร่งการก่อตัวชนิดที่ไม่มีคลอไรด์เป็นสารประกอบพื้นฐาน

สารเร่งที่ใช้ในการในการทดลอง ใช้สารเร่งการก่อตัวชนิดที่มีคลอไรด์เป็นสารประกอบพื้นฐาน เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน

กลไกการทำงาน

สารเร่งเวลาการก่อตัวของคอนกรีตทำหน้าที่เหมือนตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี (Catalyst) ระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ผลก็คือจะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ก่อให้เกิดความร้อนและกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว การเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารผสมนี้มากขึ้น

2.5. ค่าระยะห่างระหว่างมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต

จากการศึกษาของ Nanayakara et al. พบว่าระยะห่างระหว่างมวลรวมมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการไหลของคอนกรีต เมื่อระยะห่างระหว่างมวลรวมมีค่ามากขึ้นจะเป็นการลดแรงเสียดทานเนื่องจากการชนกันของมวลรวม ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูป (Deformability) ของคอนกรีต ในขณะเดียวกันความสามารถในการเคลื่อนตัวเข้าสู่แบบหล่อ (Filling Ability) ก็สูงขึ้นด้วย ทั้งนี้คอนกรีตต้องไม่เกิดการแยกตัว (Segregation) ขณะเคลื่อนที่

ระยะห่างของมวลรวมที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเพสต์อิสระ (Free Paste or Excess Paste) ในคอนกรีต ซึ่งปริมาณเพสต์อิสระนี้สามารถนิยามได้ว่า คือปริมาณเพสต์ส่วนที่เหลือจากการเติมเต็มในช่องว่างของมวลรวม (Filling Void) และส่วนที่เคลือบผิวของมวลรวม

2.6. การหดตัว

โดยทั่วไป จะแบ่งการหดตัวออกเป็นสองชนิด ได้แก่ การหดตัวในคอนกรีตสด และการหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว การหดตัวในคอนกรีตสดจะเกิดขึ้นในสองสามชั่วโมงแรกหลังจากเทคอนกรีตสดลงในแบบ ความชื้นในผิวที่สัมผัสกับอากาศแห้งเช่นในบริเวณผิวหน้าของแผ่นพื้น จะระเหยออกอย่างรวดเร็วจนน้ำจากชั้นล่างของคอนกรีตซึมเข้ามาแทนที่ไม่ทัน ในทางตรงกันข้าม การหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว จะเกิดหลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันส่วนใหญ่ไปแล้ว

การหดตัวหลังจากแข็งตัวแล้ว เป็นการลดปริมาตรของคอนกรีตเนื่องจากการสูญเสียความชื้นโดยการระเหย ในทางตรงข้าม ถ้าปริมาตรเพิ่มขึ้น โดยการดูดซึมน้ำ จะเรียกว่า การบวมตัว (Swelling) สรุปได้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็น การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าออกจากซีเมนต์เจลเนื่องจากความแตกต่างของความชื้นระหว่างองค์อาคารกับสภาวะแวดล้อม โดยไม่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักบรรทุกภายนอก

การหดตัวส่วนใหญ่จะไม่สามารถคืนกลับได้ ถ้านำคอนกรีตที่หดตัวเต็มที่แล้วไปแช่ในน้ำ มันจะไม่ขยายตัวกลับสู่สภาพเดิม อัตราการเพิ่มจะลดลงตามเวลา เนื่องจากคอนกรีตที่มีอายุมากขึ้นจะมีกำลังต้านหน่วยแรงมากขึ้น ทำให้เกิดการหดตัวน้อยลง จนเกือบไม่มีการหดตัวเลยเมื่อถึงเวลาช่วงหนึ่ง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อขนาดของการหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีดังต่อไปนี้

1. มวลรวม มวลรวมจะต้านการหดตัวของคอนกรีตสด ดังนั้นคอนกรีตที่มีมวลรวมมากจะเกิดการหดตัวน้อย ปริมาณการต้านจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลรวม มวลรวมที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงหรือมีผิวที่ผิวขรุขระก็ต้านการหดตัวได้ดี
2. อัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ การหดตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์มีค่าเพิ่มมากขึ้น
3. ขนาดขององค์อาคาร อัตราการหดตัวและปริมาณการหดตัวทั้งหมดจะแปรผกผันกับปริมาตร ขององค์อาคาร อย่างไรก็ตามการหดตัวจะต้องใช้เวลานานสำหรับองค์อาคารที่มีขนาดใหญ่ เพราะจะต้องใช้เวลานานก่อนที่ความชื้นในเนื้อคอนกรีตส่วนในจะเกิดการระเหย เป็นไปได้ว่า อาจจะต้องใช้เวลาถึงหนึ่งปี ก่อนที่การระเหยจะเกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตลึก 25 ซม. จากผิวนอก และที่ลึก 60 ซม. อาจจะต้องใช้เวลาถึง 10 ปี
4. สภาวะแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลอย่างมากต่อปริมาณของการหดตัว อัตราการหดตัวจะแปรผกผันกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง โดยที่การหดตัวจะไม่เกิดที่อุณหภูมิต่ำ

5. ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต เสริมเหล็กจะหัดตัวน้อยกว่าคอนกรีตล้วน ความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กเสริม

6. สารผสมเพิ่ม ผลกระทบจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารผสมเพิ่ม สารเร่งเวลาการก่อตัว และแข็งตัว เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ทำให้การหัดตัวเพิ่มขึ้น สารปอซโซลานิกจะเพิ่มการหัดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ในระหว่างที่สารกักฟองอากาศจะมีผลน้อยมากต่อการหัดตัว

7. ชนิดของซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดก่อตัวเร็วจะเกิดการหัดตัวมากกว่าชนิดอื่น ชนิดที่ต้านการหัดตัวจะเกิดการหัดตัวน้อยมาก และยังกำจัดรอยร้าวเนื่องจากการหัดตัวเมื่อมีการเสริมเหล็กที่เหมาะสม

8. Carbonation การหัดตัวแบบนี้ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศกับซิลิเนียมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เจล ส่งผลให้เกิดการลดของปริมาณของซีเมนต์เจลและเกิดการหัดตัว ปริมาณของการหัดตัวทั้งหมดขึ้นอยู่กับชั้นคอนของการเกิดปฏิกิริยา carbonation และขบวนการของการสูญเสียความชื้น ถ้าปรากฏการณ์ทั้งสองเกิดพร้อมกัน จะเกิดการหัดตัวน้อย อย่างไรก็ตามปฏิกิริยา Carbonation นี้จะเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50%

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดลองการยึดหดตัวในตัวในชั้นส่วนคอนกรีตโดยมีการบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุม ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4.0 ซม.X 4.0 ซม.X 16.0 ซม. หลังจากนั้นได้ แก้วัดการหดตัวของซีเมนต์เพสต์และคอนกรีต

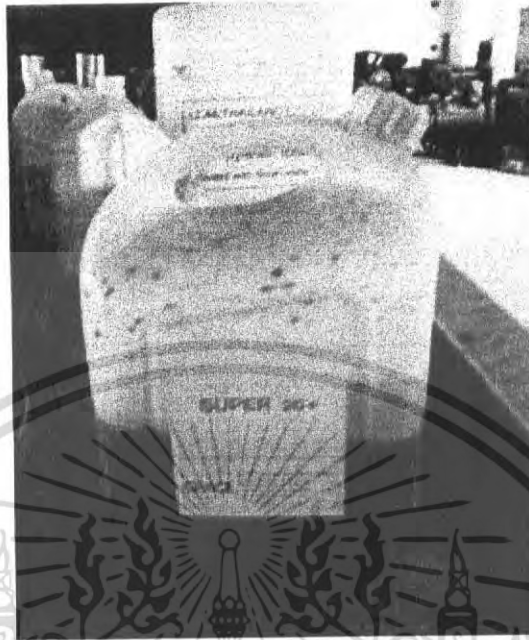
3.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ปูนซีเมนต์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) โดยใช้ปูนซีเมนต์ตราช้าง

-น้ำสะอาด		
-ทรายแม่น้ำ		
ค่าความชื้น	6.01	%
ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.)	2.887	
อัตราการดูดซึม	4.33	%
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.62	
-หิน		
วัสดุผสมขนาดโตสุด	40	มิลลิเมตร
หน่วยน้ำหนักแห้ง	1597.7	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ค่าความชื้น	3.19	%
อัตราการดูดซึม	1.42	%
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.68	

3.1.2. สารเคมี (Admixtures) ที่ใช้

1. สารลดน้ำ Super 20+ ที่มีเมลามีนเป็นสารประกอบหลัก



รูปที่ 3.1 สารลดน้ำ Super 20+

2. สารเร่งการก่อตัวของคอนกรีตที่มีกลอสไวต์เป็นสารประกอบหลัก



รูปที่ 3.2 สารเร่งการก่อตัว Set Accelerating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3. น้ำที่ใช้มีคุณสมบัติดังนี้ (Water)

1. ต้องไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งทำให้สี กลิ่น และรสของน้ำ เปลี่ยนไปจากธรรมชาติ
2. ความเป็นกรด-เบสของน้ำ (pH) ต้องมีค่าระหว่าง 5.0-9.0
3. ออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen ; DO) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีหรือบีโอดี (Biochemical oxygen demand ; BOD) ในน้ำ ต้องมีค่าไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 4 °C
6. แรงตึงผิวของน้ำเท่ากับ 72 dynes/cm ที่อุณหภูมิ

3.1.4. เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์ (Hobart type)

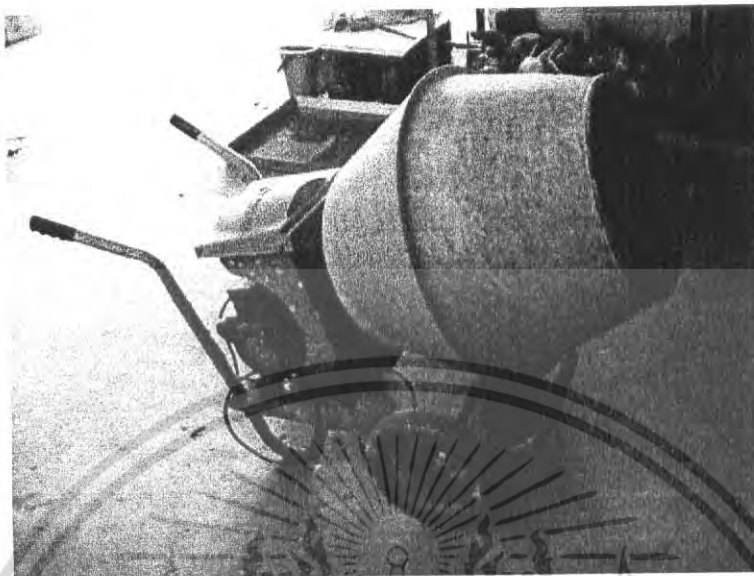
เป็นเครื่องผสมปูนก่อ (Cement mortars) ซึ่งประกอบด้วย ใบผสม หม้อผสม เครื่องผสมเดินด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 1/6 HP อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 220 โวลท์ 1.67 แอมป์



รูปที่ 3.3 เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์ (Hobart type)

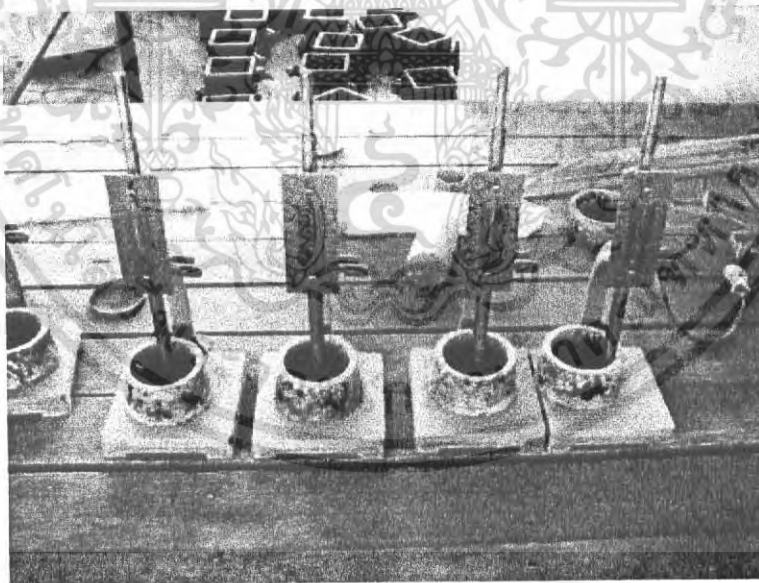
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5. เครื่องผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.4 เครื่องผสมคอนกรีต

3.1.6. อุปกรณ์ไวเคท (Vicat Apparatus)



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ไวเคท (Vicat Apparatus)

80856

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7. อุปกรณ์ทดสอบอัตราการไหล

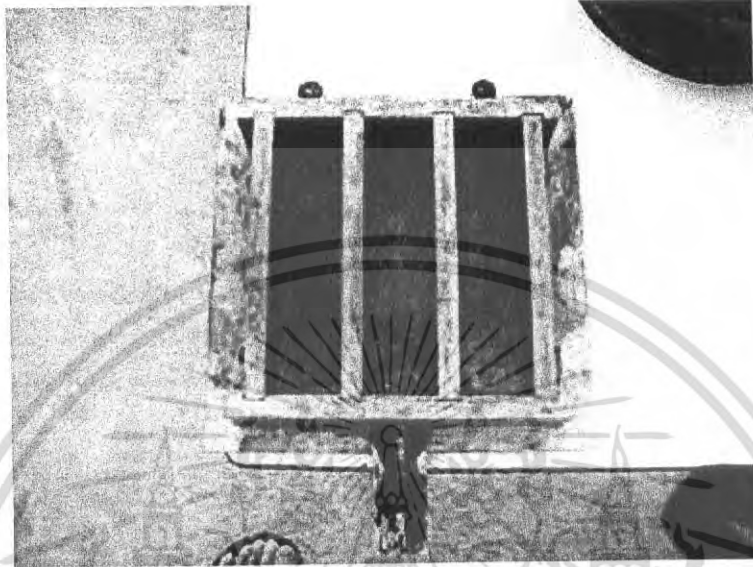


รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ทดสอบอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

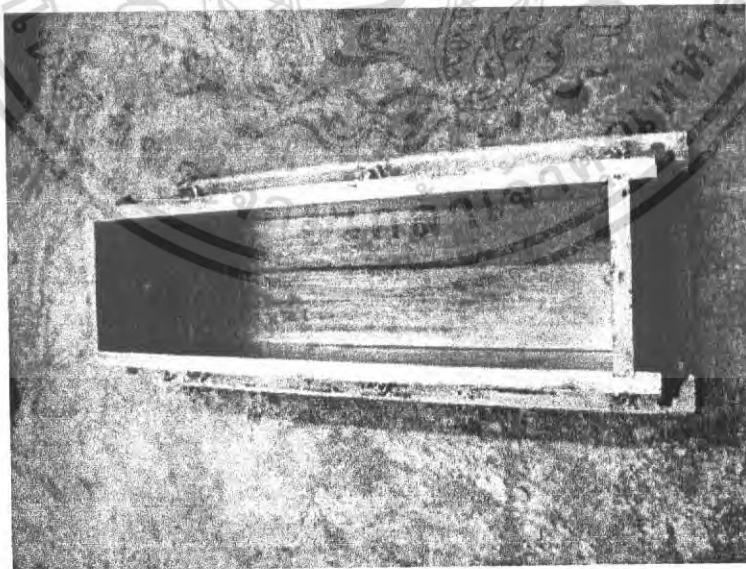
3.1.8. แบบหล่อตัวอย่างทดสอบ

แบบหล่อที่ใช้หล่อซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง เป็นแบบหล่อมาตรฐาน JIS A 1129 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4 ซม. X 4 ซม. X 16 ซม.



รูปที่ 3.7 แบบหล่อจีนส่วนตัวอย่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4 ซม. X 4 ซม. X 16 ซม.

แบบหล่อที่ใช้หล่อคอนกรีตตัวอย่าง เป็นแบบหล่อมาตรฐาน JIS A 1129 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 60 ซม.



รูปที่ 3.8 แบบหล่อจีนส่วนตัวอย่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 60 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. การดำเนินการทดสอบ

3.2.1. การดำเนินการทดสอบซีเมนต์เพสต์

ทำการทดสอบเพื่อหาการยึดหดตัวของซีเมนต์เพสต์อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ รวมทั้งวิธีการบ่มที่เหมาะสม และนำส่วนผสมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบมาทำเป็นคอนกรีตเพื่อหาการยึดหดตัวในอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยทำการหล่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 4 ซม. X 4 ซม. X 16 ซม. ตัวแปรที่สำคัญในการทดสอบมีดังนี้ คือ

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ w/c 0.30, w/c 0.40 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสต์ w/c 0.30

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพสต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

S20 0.5 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 0.5 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29.5 กรัม สารลดน้ำ 0.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

S20 1.0 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 1.0 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29 กรัม สารลดน้ำ 1 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

S20 1.5 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 1.5 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 28.5 กรัม สารลดน้ำ 1.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

S20 2.0 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 2.0 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 28 กรัม สารลดน้ำ 2 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสต์ w/c 0.40

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพสต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการบดหาคัด

S20 0.5% เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 0.5 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39.5 กรัม สารลดน้ำ 0.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการบดหาคัด

S20 1.0% เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 1.0 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39 กรัม สารลดน้ำ 1 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการบดหาคัด

S20 1.5 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 1.5% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 38.5 กรัม สารลดน้ำ 1.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการบดหาคัด

S20 2.0 % เป็นสัญลักษณ์ของสารลดน้ำ 2.0% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 38 กรัม สารลดน้ำ 2 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการบดหาคัด

อัตราส่วนผสมซีเมนต์พิเศษ w/c 0.30

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์พิเศษเมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Accelerating 0.1% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.1% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29.9 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.1 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 0.3% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.3 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29.7 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 0.5% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.5 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29.5 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 1.0 % เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 1.0 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 29 กรัม สารเร่งการก่อตัว 1 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 1.5 % เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 1.5 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 28.5 กรัม สารเร่งการก่อตัว 1.5 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์พิเศษออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสต์ w/c 0.40

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพสต์ เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Accelerating 0.1% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.1% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39.9 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.1 กรัม) เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 0.3% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.3% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39.7 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.3 กรัม) เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 0.5% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 0.5% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39.5 กรัม สารเร่งการก่อตัว 0.5 กรัม) เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

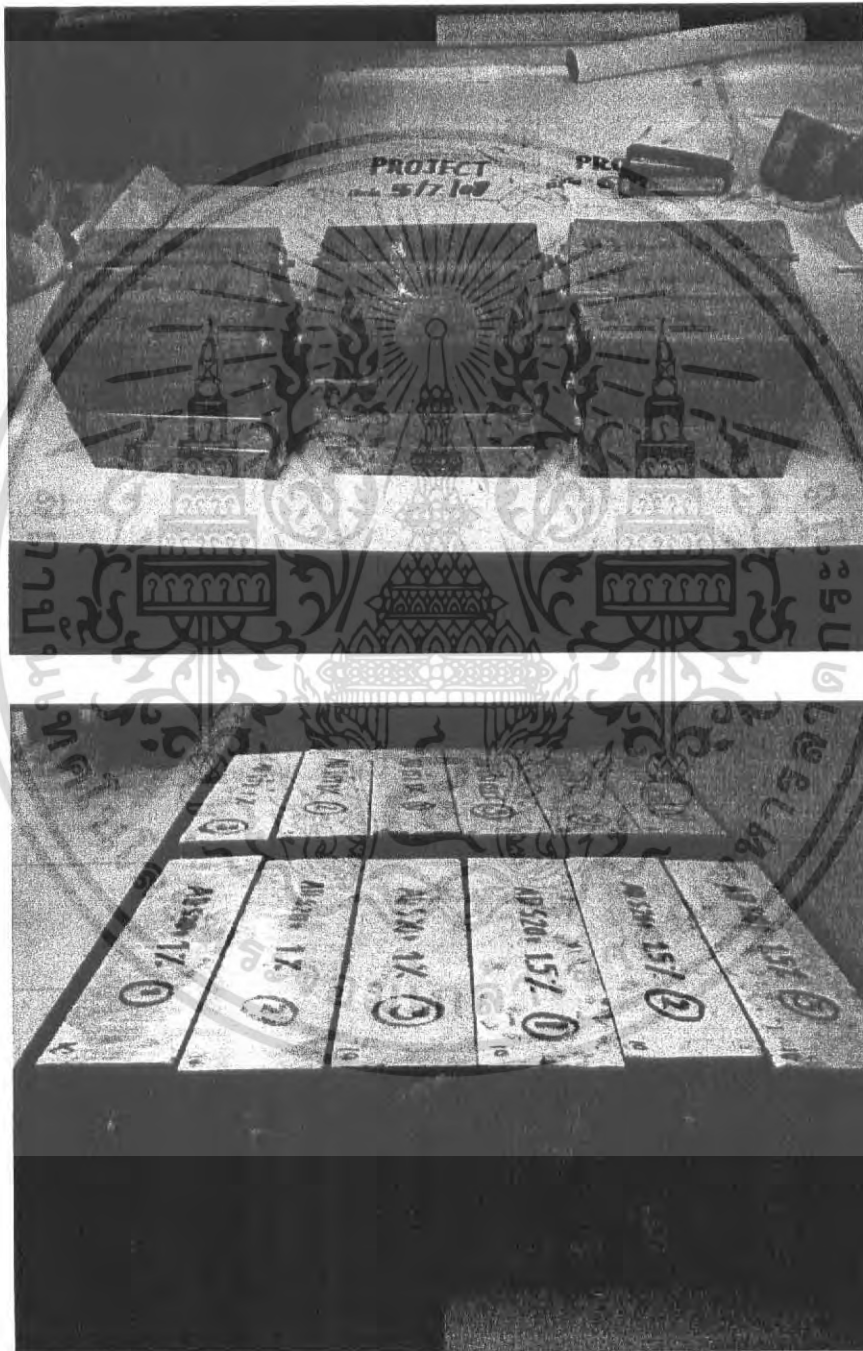
Accelerating 1.0% เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 1.0 % (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 39 กรัม สารเร่งการก่อตัว 1 กรัม) เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

Accelerating 1.5 % เป็นสัญลักษณ์ของสารเร่งการก่อตัว 1.5% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม น้ำ 38.5 กรัม สารเร่งการก่อตัว 1.5 กรัม) เมื่อแคะซีเมนต์เพสต์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบการยึดหดตัว

ชนิดของการบ่ม

เมื่อคอนกรีตอายุได้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก และนำตัวอย่างไปทำการบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

บ่ม โดยการใช้แผ่นพลาสติกคลุม 28 วัน จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง



รูปที่ 3.9 การบ่มตัวอย่าง โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมซีเมนต์เพสต์และคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

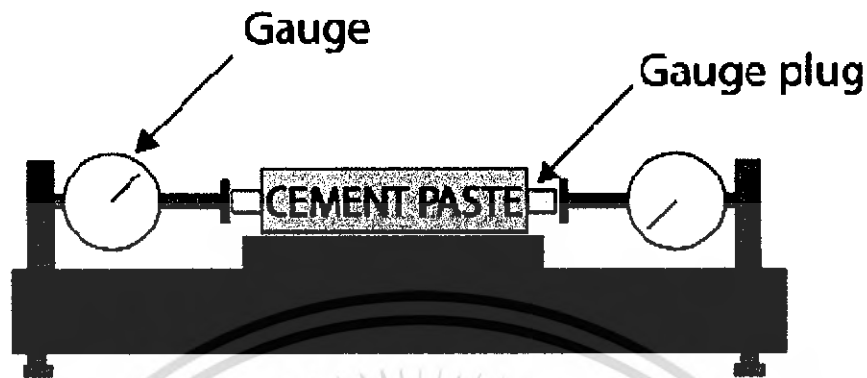
3.2.2. การดำเนินการทดสอบการยึดหดตัวของคอนกรีต

หลังจากหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์แล้วจึงนำสัดส่วนที่ได้มาทำการทดสอบตัวอย่างที่เป็นคอนกรีต เพื่อจะได้วัดการยึดหดตัวของคอนกรีตภายในเวลา 28 วัน โดยทำการหล่อคอนกรีตรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 60 ซม. ตัวแปรที่สำคัญในการทดสอบมีดังนี้ คือ

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.44 เลือกใช้อัตราส่วนนี้เพราะจะทำให้เกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงสุด
2. ชนิดของการบ่ม เมื่อคอนกรีตอายุได้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก และนำตัวอย่างไปทำการบ่ม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุม



3.3. การดำเนินการทดสอบการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage)



รูปที่ 3.10 เครื่องมือที่ใช้ในการวัด Autogenous Shrinkage

ทำการทดสอบเพื่อหาขนาดการขยายตัวและหดตัวของซีเมนต์เพสต์ ที่อุณหภูมิต่างกัน โดยหล่อในแบบขนาด 4.0 x 4.0 x 16 ซม. ตามมาตรฐาน JIS A 1129

1. ทำการเตรียมแบบที่ใช้หล่อซีเมนต์เพสต์ โดยมีแกนเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ยื่นเข้าไปในเนื้อซีเมนต์เพสต์ 15 ± 5 มม. จากแบบหล่อ

2. ทำการวัดระยะห่างภายในระหว่างแกนเหล็กทั้งสองข้างของแบบหล่อ

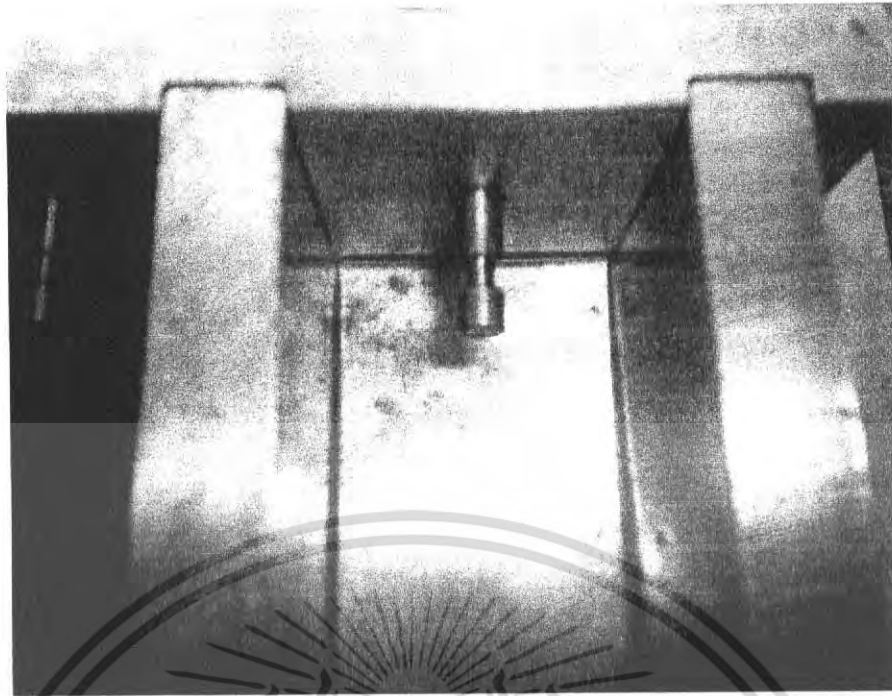
3. ทำการหล่อในแบบตัวอย่าง

4. ทำการแกะแบบออกหลังจากผสมเสร็จประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วทำการวัดมาทำการวัดก่อนตัวอย่าง

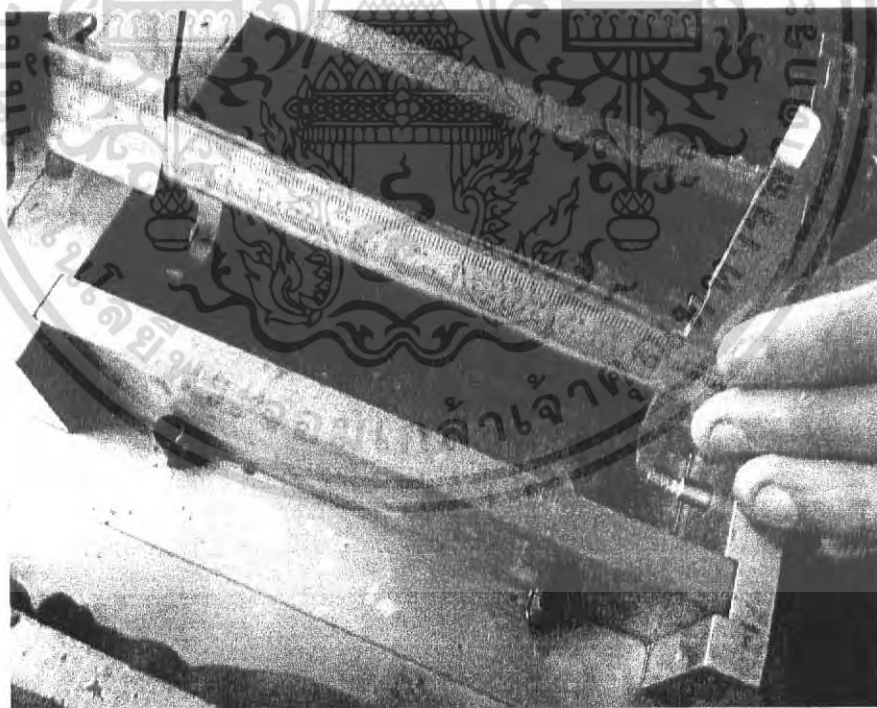
5. ทำการบ่มโดยใช้แผ่นพลาสติกคลุม หลังจากนั้นทำการวัดทุกๆวัน

สูตรที่ใช้ในการหาค่าการยืดตัวและหดตัวของซีเมนต์เพสต์

$$\text{Shrinkage} = \frac{[\Delta x_0 - \Delta x_1]}{L_0}$$

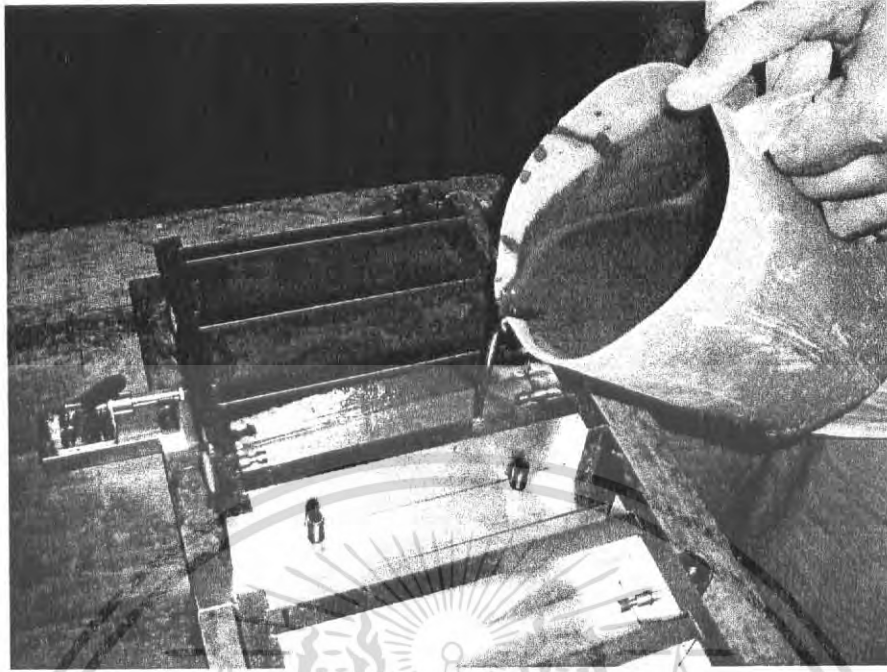


รูปที่ 3.11 ลักษณะแกนเหล็กที่ยื่นเข้ามาในเนื้อแบบ



รูปที่ 3.12 วิธีการวัดระยะห่างระหว่างแกนเหล็กทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 เทซีเมนต์เพสต์ที่ผสมลงในแบบ



รูปที่ 3.14 วิธีการวัดก้อนตัวอย่าง

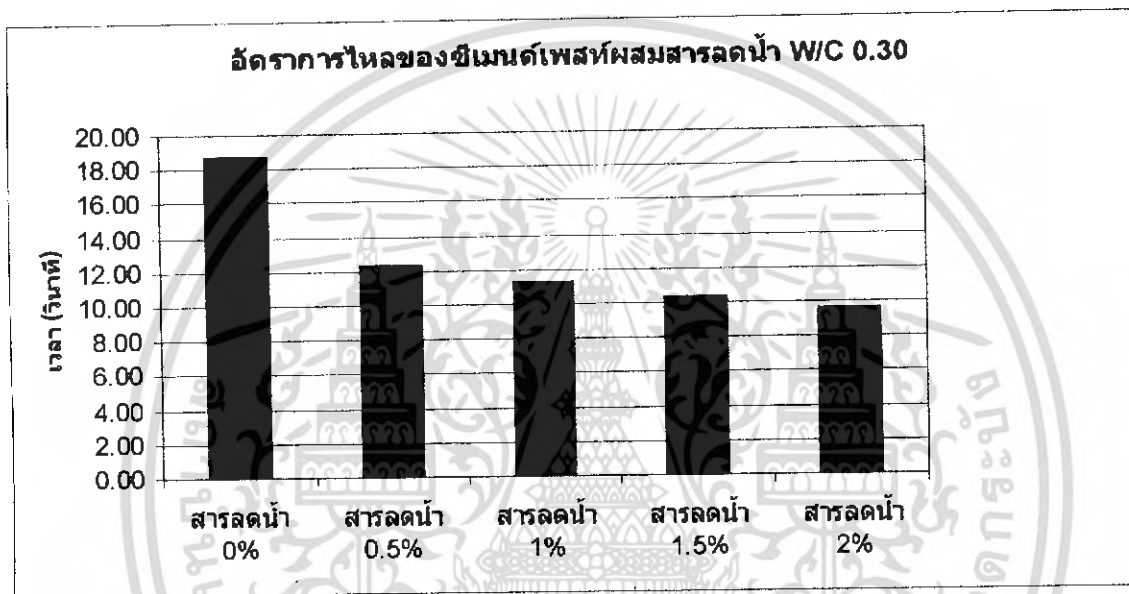
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบ

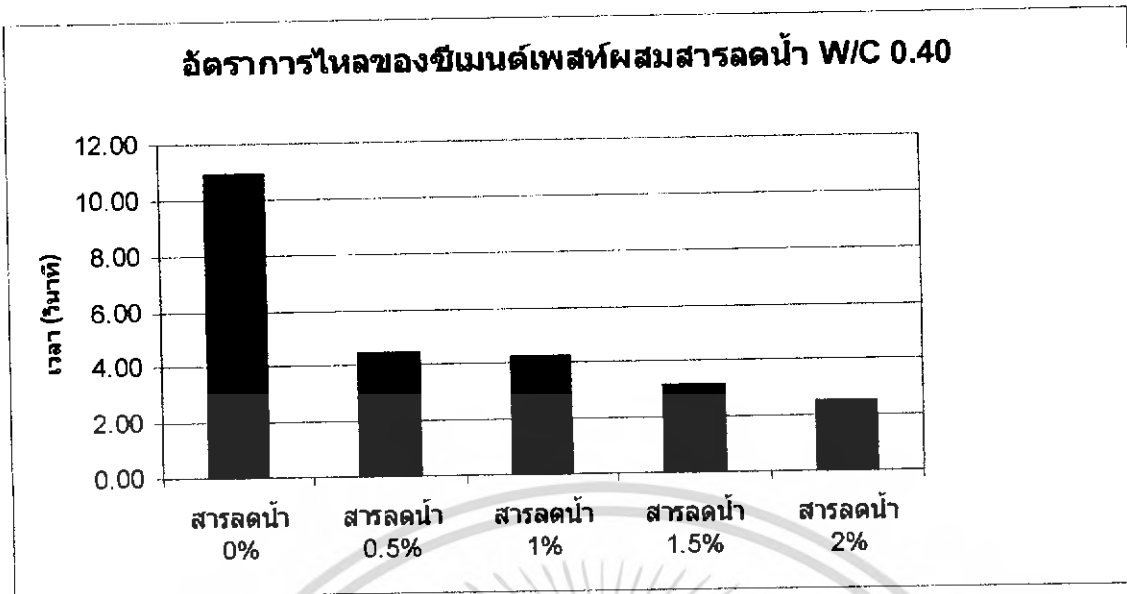
4.1. ผลทดสอบอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการไหลของซีเมนต์เพสต์เทียบกับเวลาในการไหลของซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.30 อัตราส่วนของสารลดน้ำเท่ากับ 0 , 0.5 , 1.0 , 1.5 และ 2.0 %

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ได้ผสมสารลดน้ำจะมีความข้นของซีเมนต์เพสต์และใช้เวลาในการไหลมาก ถ้าปริมาณสารผสมเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีปริมาณเท่าเดิม ซีเมนต์เพสต์จะมีความเหลวและใช้เวลาในการไหลน้อยลงแปรผันกับอัตราส่วนสารลดน้ำที่ใช้ผสมซีเมนต์เพสต์

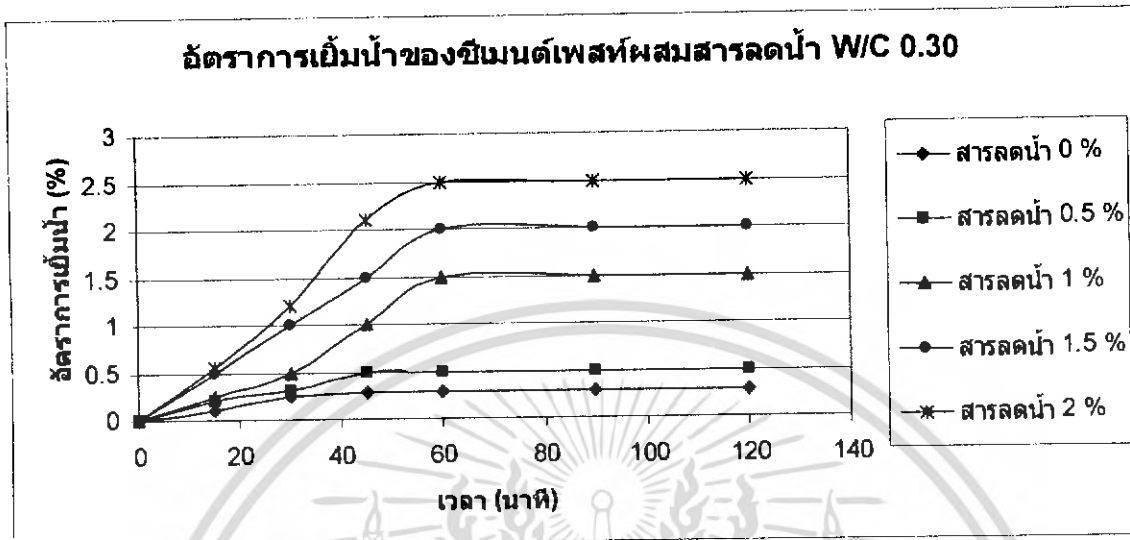


รูปที่ 3.16 กราฟแสดงอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการไหลของซีเมนต์เพสต์เทียบกับเวลาในการไหลของซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 อัตราส่วนของสารลดน้ำเท่ากับ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ได้ผสมสารลดน้ำจะมีความข้นของซีเมนต์เพสต์และใช้เวลาในการไหลมาก ถ้าปริมาณสารผสมเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีปริมาณเท่าเดิม ซีเมนต์เพสต์จะมีความเหลวและใช้เวลาในการไหลน้อยลงแปรผันกับอัตราส่วนสารลดน้ำที่ใช้ผสมซีเมนต์เพสต์

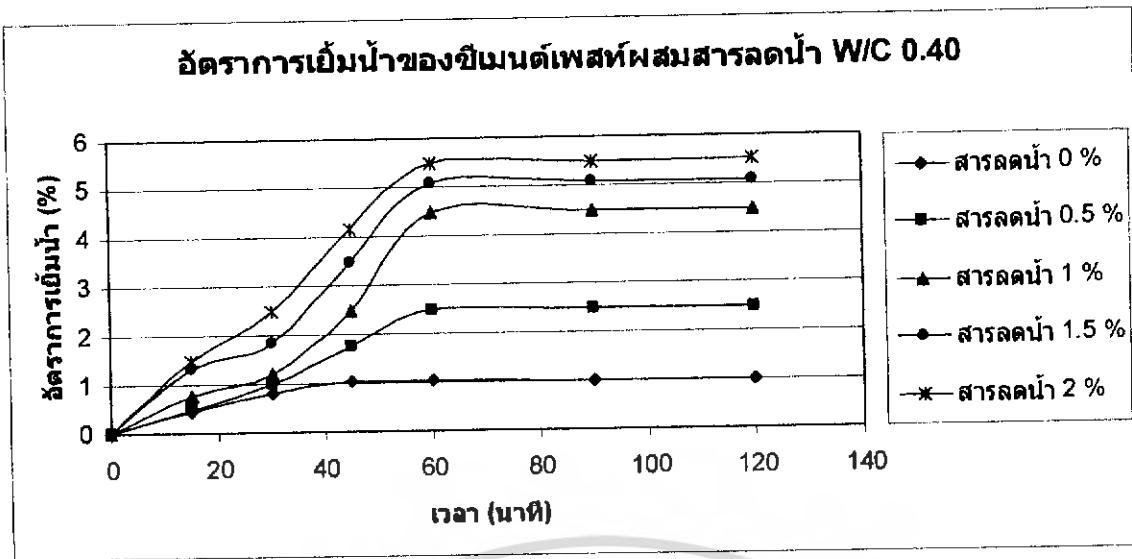
4.2. ผลทดสอบอัตราอัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์



รูปที่ 3.17 กราฟอัตราอัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30

จากกราฟการทดสอบ อัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30 เท่ากัน จากกราฟแนวโน้มจะเห็นได้ว่าอัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารลดน้ำที่ผสมเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที และซีเมนต์เพสต์จะมีอัตราการเอน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 60 นาที ปริมาณการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ไม่มีอัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์เลย

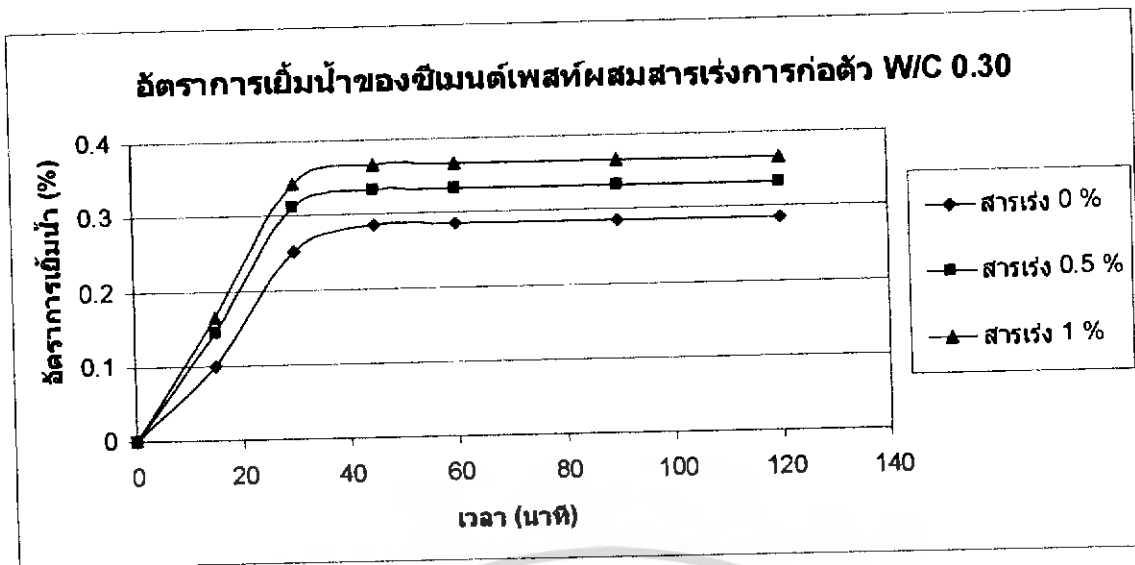
จากกราฟการทดสอบ อัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30 เท่ากัน อัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารลดน้ำที่ผสมและอัตราการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์เริ่มเห็นชัดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที และใช้เวลาในการเอน้ำของซีเมนต์เพสต์ประมาณ 60 นาที



รูปที่ 3.18 กราฟอัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40

จากกราฟการทดสอบ อัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารเร่ง อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 เท่ากัน อัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารลดน้ำที่เพิ่มขึ้น และอัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์เริ่มเห็นชัดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 30 นาที และใช้เวลาในการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์ถึงเวลา 60 นาที จึงไม่เกิดอัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์เลย

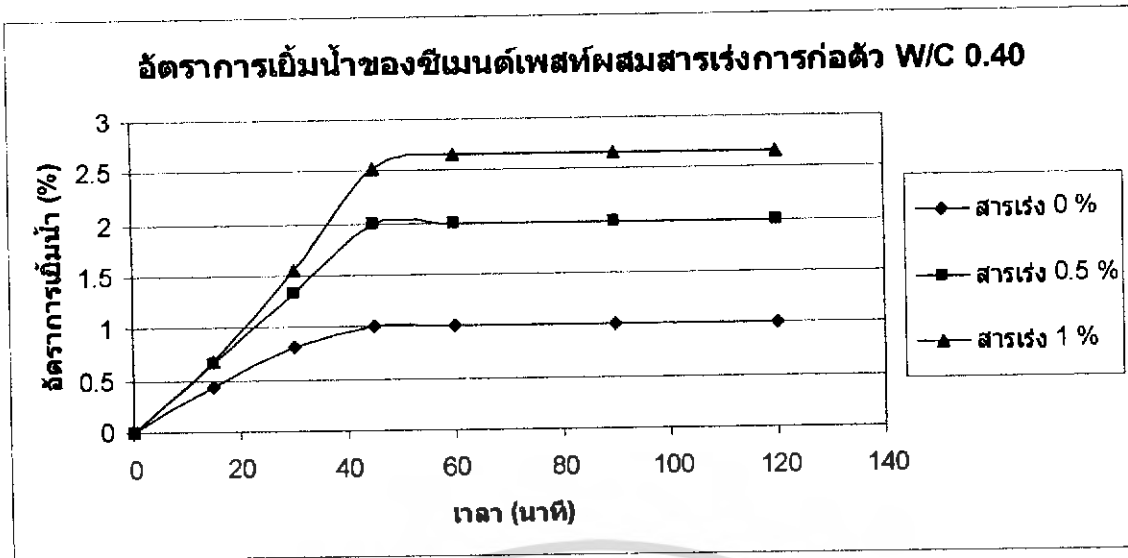
จากกราฟซีเมนต์เพสต์ที่ผสมสารลดน้ำ 1% , 1.5% และ 2% มีอัตราส่วนของน้ำที่ย้มนลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 60 นาที จนเมื่อเวลาผ่านไป 90 นาที อัตราการย้มน้ำของซีเมนต์เพสต์มีน้อยลงหรือไม่มีการย้มน้ำเลย



รูปที่ 3.19 กราฟอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30

จากกราฟการทดสอบ อัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30 เท่ากัน จากกราฟแนวโน้มจะเห็นได้ว่าอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมและไม่ผสมสารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มว่าอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นตามปริมาณของอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสม

จากกราฟการทดสอบ อัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30 เริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 นาที และใช้เวลาในการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ประมาณ 40 นาที หลังจาก 40 นาที แล้วปริมาณอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์จะไม่มีอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์เลย



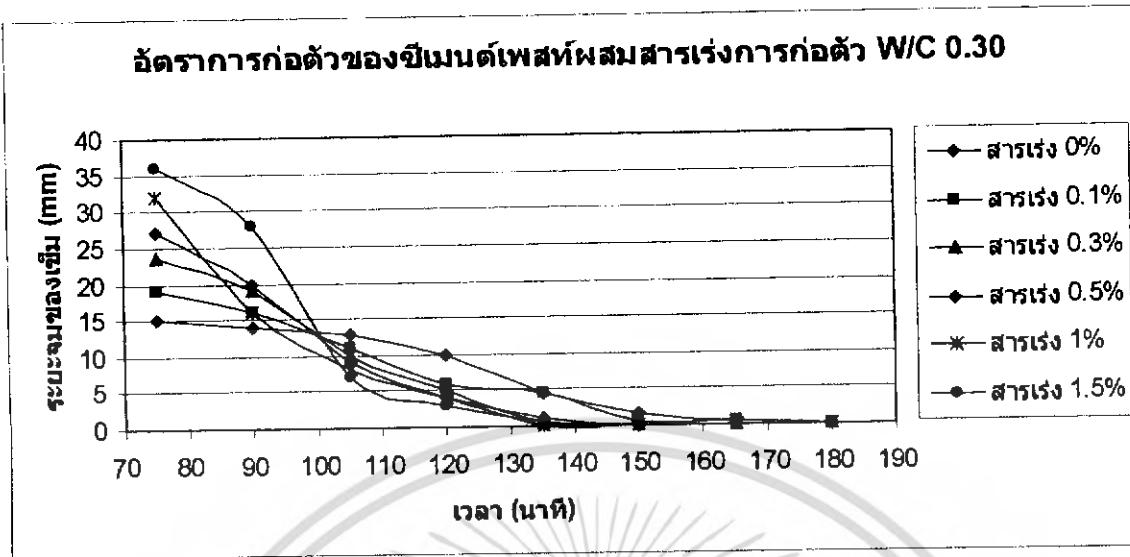
รูปที่ 3.20 กราฟอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40

จากกราฟการทดสอบ อัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40 เท่ากัน จากกราฟแนวโน้มจะเห็นได้ว่าอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ผสมและไม่ผสมสารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มว่าอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นตามปริมาณของอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสม

จากกราฟการทดสอบ อัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40 เริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างอัตราการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที และใช้เวลาในการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์ประมาณ 40 นาที หลังจาก 40 นาที แล้วปริมาณอัตราการเติมน้ำจะไม่มีการเติมน้ำของซีเมนต์เพสต์เลย

หมายเหตุ สารเร่งเมื่อใส่ปริมาณสารมากกว่า 1 % จะฟองสีขาวขุ่นทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการเติมน้ำได้

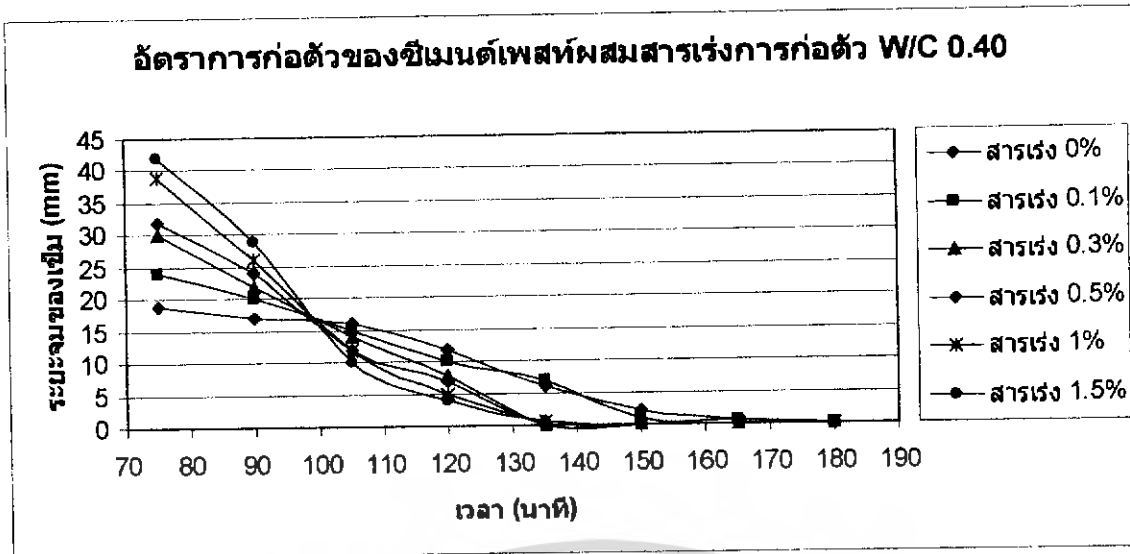
4.3. ผลทดสอบอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์



รูปที่ 3.21 กราฟอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30

จากกราฟการทดลอง ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่ง มีระยะการยุบตัวสูงสุด ที่เวลา 1.3 ชม. และซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่ง 0.3% ที่ W/C 0.30 มีระยะจมน้อยที่สุดที่เวลา 2 ชม. คอนกรีตที่ผสมสารเร่งมีระยะจมน้อยมาก ตามลำดับของการผสมเปอร์เซ็นต์ของสารเร่งเพิ่ม และคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารเร่งเพิ่มมีการก่อตัวน้อยที่สุด

หมายเหตุ ความชื้นเหลือของวันซีเมนต์ที่เหมาะสม จะอยู่ที่ระยะจมน้อยของปลาย Plunger ในปูนเท่ากับ 10 ± 1 มม.

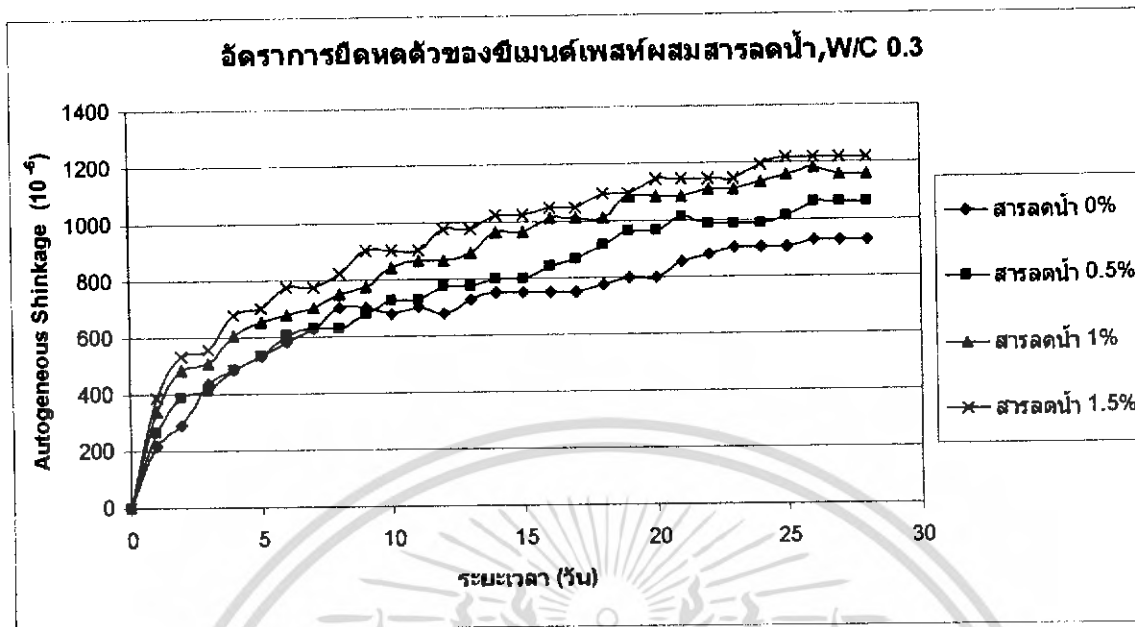


รูปที่ 3.22 กราฟแสดงอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40

จากกราฟการทดลองระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์ผสมสารเร่งการก่อตัว ที่เวลา 1.30 ชม. ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมสารเร่ง W/C 0.40 มีการก่อตัวที่ต่ำสุดที่เวลา 2 ชม. ซีเมนต์เพสต์ที่มีสารผสมเพิ่มมีระยะเวลาการก่อตัวต่ำสุด

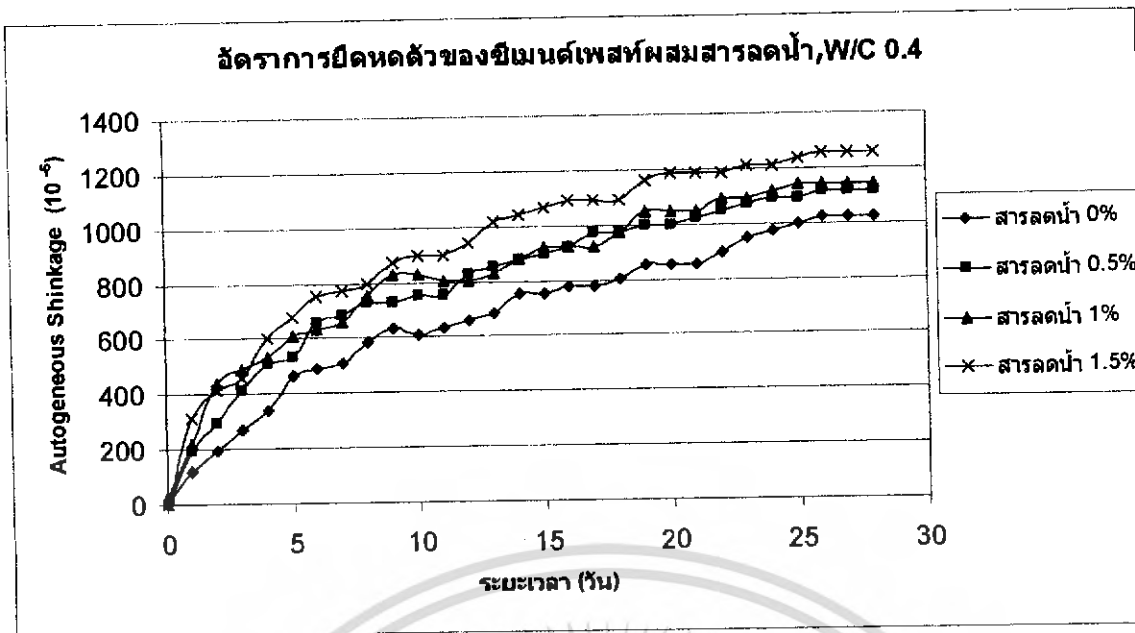
หมายเหตุ ความชื้นเหลือของวุ้นซีเมนต์ที่เหมาะสม จะอยู่ที่ระยะจนของปลาย Plunger ในปูนเท่ากับ 10 ± 1 มม.

4.4. ผลทดสอบอัตราการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ (Autogenous Shrinkage)



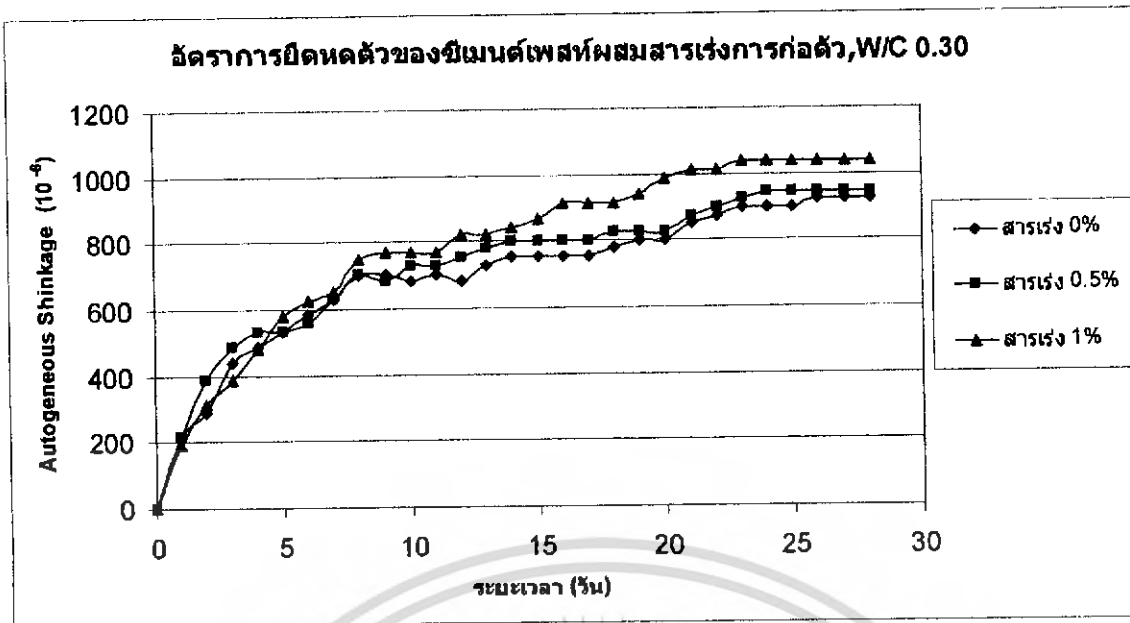
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30

จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30 มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ เส้นกราฟของซีเมนต์ที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจะเกิดอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ต่ำ เมื่อเทียบกับอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์ที่ผสมสารลดน้ำ และอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามอัตราส่วนของสารลดน้ำที่ผสมซีเมนต์เพสต์ 0.5% , 1% และ 1.5%



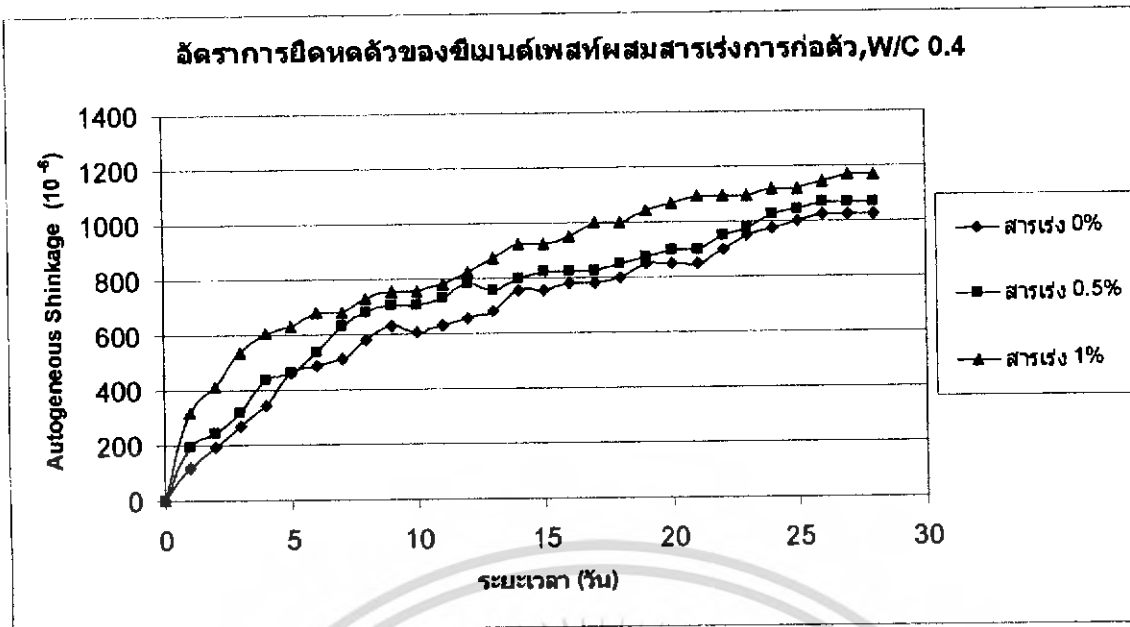
รูปที่ 3.24 กราฟแสดงการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40

จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40 มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ เส้นกราฟของซีเมนต์ที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจะเกิดอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์ที่ผสมสารลดน้ำ และอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ 0.5% และ 1.0% อัตราการหดตัวมีค่าที่ใกล้เคียงลักษณะของเส้นกราฟจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันส่วนอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์ผสมสารลดน้ำ 1.5% จะมีอัตราการหดตัวสูงเมื่อเทียบกับอัตราการหดตัวของซีเมนต์อื่นๆ



รูปที่ 3.25 กราฟแสดงค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30

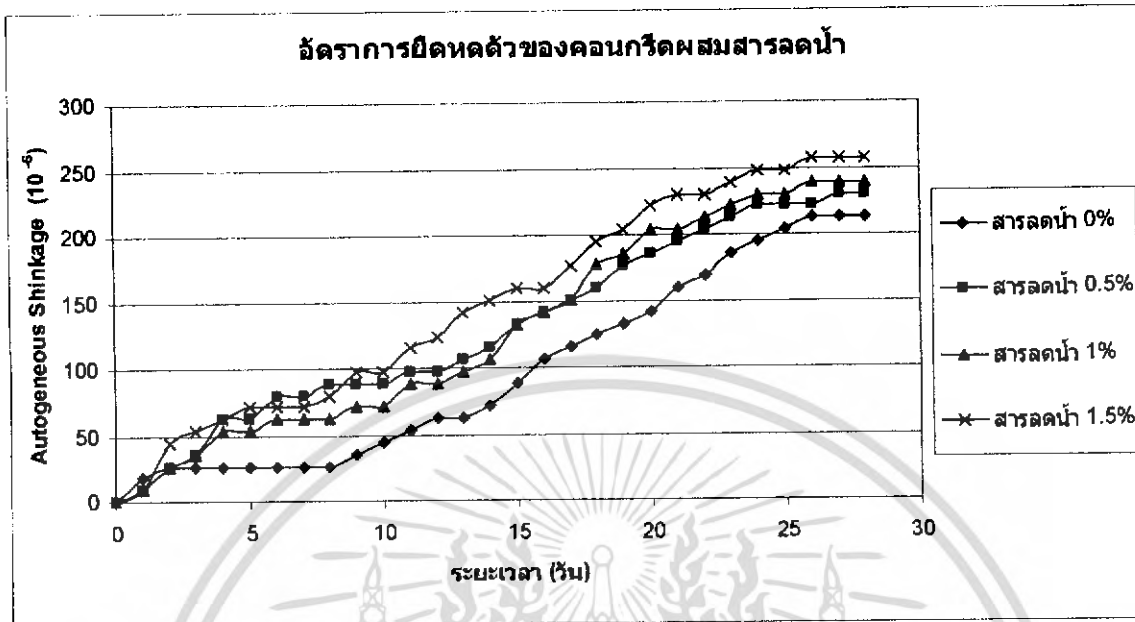
จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30 มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ เส้นกราฟของซีเมนต์ที่ผสมและไม่ผสมสารผสมเพิ่มในช่วงประมาณ 7 วันแรกหลังจากแกะแบบอัตราการหดตัวของซีเมนต์เพสต์จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันแต่เมื่อหลังจาก 7 วัน แล้วลักษณะเส้นกราฟการหดตัวของซีเมนต์เพสต์แบ่งได้ชัดเจนขึ้น คือ ลักษณะการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจะมีอัตราการหดตัวต่ำเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนอื่นและจะมีอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ใช้ผสม



รูปที่ 3.26 กราฟแสดงค่าการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40

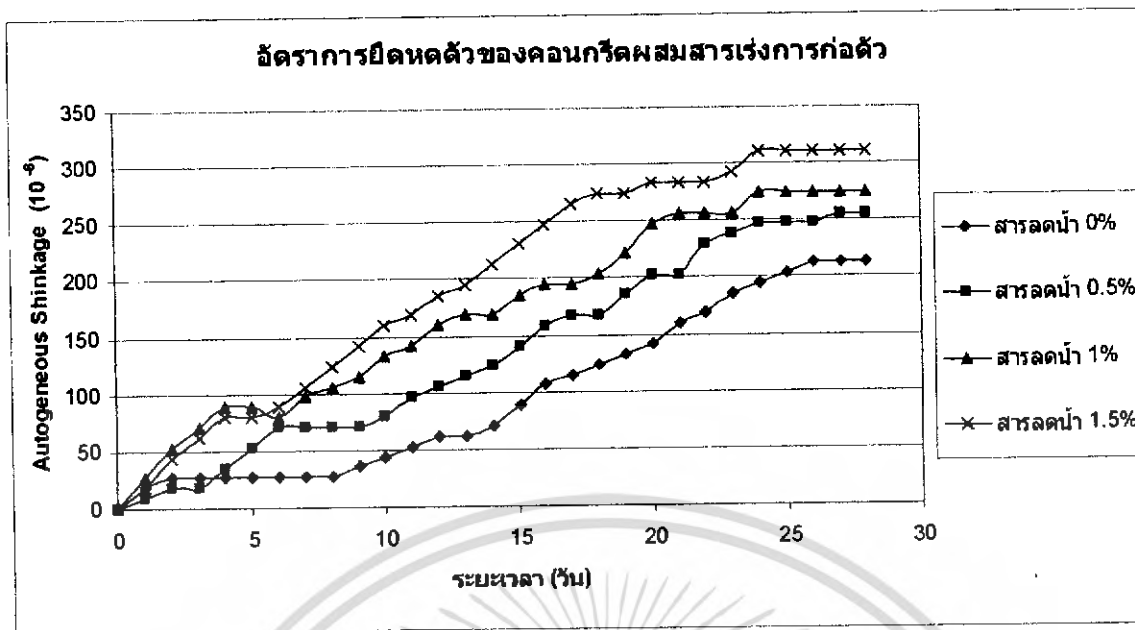
จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40 มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ เส้นกราฟของซีเมนต์ที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจะเกิดอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์ต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์ที่ผสมสารเร่งการก่อตัว และอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสมซีเมนต์เพสต์ 0.5% และ 1%

4.5. ผลทดสอบอัตราการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage)



รูปที่ 3.27 อัตราการยัดหดตัวของคอนกรีตผสมสารลดน้ำ

จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการยัดหดตัวของคอนกรีตผสมสารลดน้ำ มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ เส้นกราฟของคอนกรีตที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจะเกิดอัตราส่วนการหดตัวของคอนกรีตต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนการหดตัวของคอนกรีตที่ผสมสารลดน้ำ ส่วนคอนกรีตที่ผสมสารลดน้ำ 1% เกิดการหดตัวต่ำช่วงประมาณ 15 วัน หลังแกะแบบส่วนคอนกรีตที่ผสมสารลดน้ำ 0.5% และ 1% จะมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 7 วัน หลังแกะแบบจากนั้นเส้นกราฟจะสามารถแบ่งได้ชัดเจนขึ้นและเมื่อคอนกรีตมีอายุประมาณ 15 วัน อัตราการหดตัวของคอนกรีตสามารถแบ่งได้ชัดเจนขึ้น คือ อัตราการหดตัวของคอนกรีตหลัง 15 วัน จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารลดน้ำที่ผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.28 อัตราการยี้หดตัวของคอนกรีตผสมสารเร่งการก่อตัว

จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการยี้หดตัวของคอนกรีตผสมสารเร่งการก่อตัว มีลักษณะของเส้นกราฟที่แสดงดังนี้ ลักษณะของเส้นกราฟ 3 วันแรกของคอนกรีตผสมสารเร่งการก่อตัว 0.5% จะมีอัตราการหดตัวน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มจากนั้นคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 0.5% จะมีอัตราการหดตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมสารผสมเพิ่มและคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 1% และ 1.5% ก็เช่นกันช่วง 7 วัน แรกคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 1% จะมีอัตราการหดตัวสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 1.5% จากนั้นคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 1.5% จะมีอัตราการหดมากกว่าคอนกรีตที่ผสมสารเร่งการก่อตัว 1% และอัตราการหดตัวของคอนกรีตก็จะเป็นไปตามอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสมคืออัตราส่วนการหดตัวของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสมคอนกรีต

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1. สรุปผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์

ซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ได้ผสมสารลดน้ำจะมีความข้นของซีเมนต์เพสต์มากกว่าและใช้เวลาในการไหลมาก ถ้าปริมาณสารผสมเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีปริมาณเท่าเดิม ซีเมนต์เพสต์จะมีความเหลวและใช้เวลาในการไหลน้อยลงแปรผันกับอัตราส่วนสารลดน้ำที่ใช้ผสมซีเมนต์เพสต์

5.2. สรุปการทดสอบอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์

จากกราฟการทดสอบอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ จากกราฟแนวนอนจะเห็นได้ว่าอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมและไม่ผสมสารเร่งการก่อตัวมีแนวโน้มว่าอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์มีอัตราเพิ่มขึ้นตามปริมาณของอัตราส่วนของสารเร่งการก่อตัวที่ผสม

จากกราฟการทดสอบ อัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ เริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10-20 นาที และใช้เวลาในการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์ประมาณ 40-45 นาที หลังจาก 45 นาที แล้วปริมาณอัตราการยึมน้ำของซีเมนต์เพสต์จะไม่มีอัตราการยึมน้ำ

หมายเหตุ สารเร่งเมื่อใส่ปริมาณสารมากกว่า 1.0% จะฟองสีขาวจนทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการยึมน้ำได้

5.3. สรุปผลการทดสอบอัตราการยืหดตัว (Autogenous Shrinkage)

สรุปอัตราการยืหดตัวของซีเมนต์เพสต์และคอนกรีตที่ผสมสารลดน้ำและสารเร่งการก่อตัว จากกราฟแสดงอัตราส่วนระหว่างเวลาและการยืหดตัวของคอนกรีตและอัตราส่วนการยืหดตัวของซีเมนต์เพสต์ ในช่วง 3-7 วัน หลังแคะแบบอัตราการหดตัวของคอนกรีตค่อนข้างต่ำทำให้ค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกันและเกิดการผิดพลาดในการวัดสูงทำให้ค่าอัตราส่วนการหดตัวที่ได้ไม่ค่อยเป็นไปตามอัตราส่วนของสารผสมเพิ่มที่ผสมแต่หลังจาก 7 วัน ค่าอัตราการหดตัวที่วัดได้มีค่าสูงและมีความแตกต่างกันมาก ทำให้สามารถแยกเส้นกราฟได้ชัดเจนขึ้นและลักษณะของกราฟคืออัตราการหดตัวของคอนกรีตและซีเมนต์เพสต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของสารผสมเพิ่มที่ผสมและอัตราส่วนการหดตัวของซีเมนต์เพสต์จะมีค่ามากกว่าอัตราการหดตัวของคอนกรีต

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองจะต้องทำการทดลองอย่างละเอียดและระมัดระวังเพราะค่าที่ได้จะมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก เช่น การวัดการยืหดตัวของคอนกรีตและซีเมนต์เพสต์จะต้องทำอย่างระมัดระวังและทำการวัดหลายๆครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย เพราะค่าที่ได้มีความละเอียดถึงไมคริเมตร และขึ้นตัวอย่างที่ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง และทำการเก็บค่าอยู่ตลอดเวลา

จากการทดลองหากต้องการให้การทดลองมีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วจะต้องเตรียมตัววางแผนการทำงานและศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการทดลองมาก่อน เช่น ศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือและวิธีปฏิบัติและการวัดค่า เป็นต้น

บรรณานุกรม

1. สมาคมคอนกรีตไทย, 2548. คู่มือสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับงานคอนกรีต. 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ม.ป.ป.
2. วินิต ช่อวิเชียร, 2538. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัด ป. สัมพันธ์พานิชย์.
3. Tazawa, E.: Autogenous Shrinkage of Concrete, Proceeding of the International Workshop organized by JCI, pp.3-67, 1998.
4. Taylor, H.F.W.: Cement chemistry 2nd edition, pp. 227-255, 1997.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์

อัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.30					
สารลดน้ำ	สารลดน้ำ 0%	สารลดน้ำ 0.5%	สารลดน้ำ 1%	สารลดน้ำ 1.5%	สารลดน้ำ 2%
Flow	18.67	12.33	11.23	10.33	9.67
Flow	18.71	12.38	11.27	10.35	9.7
Flow	18.68	12.36	11.3	10.39	9.65
เฉลี่ย	18.69	12.36	11.27	10.36	9.67

อัตราการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมสารลดน้ำ W/C 0.40					
สารลดน้ำ	สารลดน้ำ 0%	สารลดน้ำ 0.5%	สารลดน้ำ 1%	สารลดน้ำ 1.5%	สารลดน้ำ 2%
Flow	10.93	4.4	4.2	3.2	2.4
Flow	10.95	4.5	4.2	3.1	2.5
Flow	10.99	4.5	4.3	3.2	2.6
เฉลี่ย	10.96	4.47	4.23	3.17	2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลอัตราการยื่นนำของซีเมนต์เพสต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการเข็มน้ำของซีเมนต์พิเศษ

อัตราการเข็มน้ำของซีเมนต์พิเศษ W/C 0.40 สารลดน้ำ							
เวลา (นาที)							
Ad %	0	15	30	45	60	90	120
0	0	0.0043	0.00815	0.01015	0.0105	0.01015	0.01015
0.5	0	0.005	0.01	0.0175	0.025	0.025	0.025
1	0	0.0075	0.012	0.025	0.045	0.045	0.045
1.5	0	0.0133	0.0183	0.035	0.0508	0.0508	0.0508
2	0	0.015	0.025	0.0415	0.0551	0.055	0.0551

อัตราการเข็มน้ำของซีเมนต์พิเศษ W/C 0.30 สารลดน้ำ							
เวลา (นาที)							
Ad %	0	15	30	45	60	90	120
0	0	0.001	0.0025	0.00285	0.00285	0.00285	0.00285
0.5	0	0.002	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005
1	0	0.0025	0.005	0.01	0.015	0.015	0.015
1.5	0	0.005	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02
2	0	0.0056	0.015	0.021	0.025	0.025	0.025

อัตราการเข็มน้ำของซีเมนต์พิเศษ W/C 0.40 สารเร่งการก่อตัว							
เวลา (นาที)							
Ad %	0	15	30	45	60	90	120
0	0	0.0043	0.00815	0.01015	0.01015	0.01015	0.01015
0.5	0	0.00667	0.01333	0.02	0.02	0.02	0.02
1	0	0.00667	0.01566	0.02533	0.02667	0.02667	0.02667

อัตราการเข็มน้ำของซีเมนต์พิเศษ W/C 0.30 สารเร่งการก่อตัว							
เวลา (นาที)							
Ad %	0	15	30	45	60	90	120
0	0	0.001	0.0025	0.00285	0.00285	0.00285	0.00285
0.5	0	0.00145	0.00311	0.00333	0.00333	0.00333	0.00333
1	0	0.00165	0.00343	0.00365	0.00365	0.00365	0.00365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพชร

อัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพชรผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.30						
เวลา(นาที)	Ad 0%	Ad 0.1%	Ad 0.3%	Ad 0.5%	Ad 1%	Ad 1.5 %
75	15	19	23.5	27	32	36
90	14	16	19	20	16	28
105	13	11	10	9	8	7
120	10	6	5	4	4	3
135	4.5	4.5	0.5	1	0	0.5
150	1.5	0.5	0	0	0	0
165	0.5	0.5	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0

อัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพชรผสมสารเร่งการก่อตัว W/C 0.40						
เวลา (นาที)	Ad 0%	Ad 0.1%	Ad 0.3%	Ad 0.5%	Ad 1%	Ad 1.5 %
75	19	24	30	32	39	42
90	17	20	22	24	26	29
105	16	15	14	12	12	10
120	12	10	8	7	5	4
135	6	7	0	0	0.5	0.5
150	2	1	0	0	0	0
165	0.5	0.5	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลอัตราการยึดหดตัวของซีเมนต์เพสต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการยึคหดตัวของซีเมนต์เพสต์

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.39	8.03	13.36	21.39	0.0000E+00
1	137	21.39	9.85	11.52	21.37	1.4599E+02
2	137	21.39	8.28	13.08	21.36	2.1898E+02
3	137	21.39	8.26	13.08	21.34	3.6496E+02
4	137	21.39	8.84	12.49	21.33	4.3796E+02
5	137	21.39	7.9	13.43	21.33	4.3796E+02
6	137	21.39	8.71	12.61	21.32	5.1095E+02
7	137	21.39	10.49	10.82	21.31	5.8394E+02
8	137	21.39	10.37	10.93	21.3	6.5693E+02
9	137	21.39	10.81	10.49	21.3	6.5693E+02
10	137	21.39	10.07	11.23	21.3	6.5693E+02
11	137	21.39	10.19	11.1	21.29	7.2993E+02
12	137	21.39	10.83	10.46	21.29	7.2993E+02
13	137	21.39	10.74	10.56	21.3	6.5693E+02
14	137	21.39	10.84	10.45	21.29	7.2993E+02
15	137	21.39	10.74	10.55	21.29	7.2993E+02
16	137	21.39	10.45	10.84	21.29	7.2993E+02
17	137	21.39	9.95	11.34	21.29	7.2993E+02
18	137	21.39	10.77	10.51	21.28	8.0292E+02
19	137	21.39	10.53	10.75	21.28	8.0292E+02
20	137	21.39	10.51	10.77	21.28	8.0292E+02
21	137	21.39	11.14	10.14	21.28	8.0292E+02
22	137	21.39	10.44	10.83	21.27	8.7591E+02
23	137	21.39	11.25	10.02	21.27	8.7591E+02
24	137	21.39	10.8	10.47	21.27	8.7591E+02
25	137	21.39	10.76	10.51	21.27	8.7591E+02
26	137	21.39	10.63	10.63	21.26	9.4891E+02
27	137	21.39	10.92	10.33	21.26	9.4891E+02
28	137	21.39	10.91	10.35	21.26	9.4891E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.48	10.48	11	21.48	0.0000E+00
1	137	21.48	10.6	10.85	21.45	2.1898E+02
2	137	21.48	10.51	10.93	21.44	2.9197E+02
3	137	21.48	9.86	11.56	21.42	4.3796E+02
4	137	21.48	11.25	10.16	21.41	5.1095E+02
5	137	21.48	9.78	11.63	21.41	5.1095E+02
6	137	21.48	9.37	12.03	21.4	5.8394E+02
7	137	21.48	10.98	10.42	21.4	5.8394E+02
8	137	21.48	11.01	10.38	21.39	6.5693E+02
9	137	21.48	10.38	11.01	21.39	6.5693E+02
10	137	21.48	10.79	10.6	21.39	6.5693E+02
11	137	21.48	10.26	11.13	21.39	6.5693E+02
12	137	21.48	11.26	10.13	21.39	6.5693E+02
13	137	21.48	10.7	10.68	21.38	7.2993E+02
14	137	21.48	10.52	10.86	21.38	7.2993E+02
15	137	21.48	10.68	10.7	21.38	7.2993E+02
16	137	21.48	10.7	10.68	21.38	7.2993E+02
17	137	21.48	10.98	10.4	21.38	7.2993E+02
18	137	21.48	10.7	10.68	21.38	7.2993E+02
19	137	21.48	11.7	9.68	21.38	7.2993E+02
20	137	21.48	11.33	10.05	21.38	7.2993E+02
21	137	21.48	10.05	11.32	21.37	8.0292E+02
22	137	21.48	10.35	11.02	21.37	8.0292E+02
23	137	21.48	10.43	10.93	21.36	8.7591E+02
24	137	21.48	10.82	10.54	21.36	8.7591E+02
25	137	21.48	10.63	10.73	21.36	8.7591E+02
26	137	21.48	10.45	10.91	21.36	8.7591E+02
27	137	21.48	10.93	10.43	21.36	8.7591E+02
28	137	21.48	10.91	10.45	21.36	8.7591E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.48	7.96	13.52	21.48	0.00000E+00
1	137	21.48	9.04	12.4	21.44	2.91971E+02
2	137	21.48	8.15	13.28	21.43	3.64964E+02
3	137	21.48	8.5	12.91	21.41	5.10949E+02
4	137	21.48	8.28	13.13	21.41	5.10949E+02
5	137	21.48	8.66	12.73	21.39	6.56934E+02
6	137	21.48	7.67	13.72	21.39	6.56934E+02
7	137	21.48	10.68	10.7	21.38	7.29927E+02
8	137	21.48	10.74	10.63	21.37	8.02920E+02
9	137	21.48	10.63	10.74	21.37	8.02920E+02
10	137	21.48	10.47	10.91	21.38	7.29927E+02
11	137	21.48	11.16	10.22	21.38	7.29927E+02
12	137	21.48	10.87	10.52	21.39	6.56934E+02
13	137	21.48	10.22	11.15	21.37	8.02920E+02
14	137	21.48	10.53	10.84	21.37	8.02920E+02
15	137	21.48	11.15	10.22	21.37	8.02920E+02
16	137	21.48	10.84	10.53	21.37	8.02920E+02
17	137	21.48	10.53	10.84	21.37	8.02920E+02
18	137	21.48	11.34	10.03	21.37	8.02920E+02
19	137	21.48	10.84	10.52	21.36	8.75912E+02
20	137	21.48	10.84	10.52	21.36	8.75912E+02
21	137	21.48	9.9	11.45	21.35	9.48905E+02
22	137	21.48	10.73	10.62	21.35	9.48905E+02
23	137	21.48	10.73	10.62	21.35	9.48905E+02
24	137	21.48	11.1	10.25	21.35	9.48905E+02
25	137	21.48	11	10.35	21.35	9.48905E+02
26	137	21.48	10.85	10.5	21.35	9.48905E+02
27	137	21.48	11.09	10.26	21.35	9.48905E+02
28	137	21.48	10.56	10.79	21.35	9.48905E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	21.57	8.15	13.42	21.57	0.0000E+00
1	138	21.57	8.79	12.74	21.53	2.8986E+02
2	138	21.57	9.2	12.3	21.5	5.0725E+02
3	138	21.57	9.06	12.44	21.5	5.0725E+02
4	138	21.57	9.2	12.29	21.49	5.7971E+02
5	138	21.57	8.86	12.62	21.48	6.5217E+02
6	138	21.57	9.4	12.07	21.47	7.2464E+02
7	138	21.57	8.7	12.76	21.46	7.9710E+02
8	138	21.57	8.15	13.32	21.47	7.2464E+02
9	138	21.57	11.6	9.87	21.47	7.2464E+02
10	138	21.57	10.76	10.7	21.46	7.9710E+02
11	138	21.57	10.63	10.83	21.46	7.9710E+02
12	138	21.57	10.3	11.14	21.44	9.4203E+02
13	138	21.57	8.21	13.23	21.44	9.4203E+02
14	138	21.57	11.11	10.32	21.43	1.0145E+03
15	138	21.57	10.61	10.83	21.44	9.4203E+02
16	138	21.57	10.44	10.99	21.43	1.0145E+03
17	138	21.57	10.83	10.6	21.43	1.0145E+03
18	138	21.57	10.99	10.44	21.43	1.0145E+03
19	138	21.57	10.98	10.44	21.42	1.0870E+03
20	138	21.57	10.43	10.98	21.41	1.1594E+03
21	138	21.57	10.55	10.86	21.41	1.1594E+03
22	138	21.57	10.98	10.43	21.41	1.1594E+03
23	138	21.57	10.62	10.79	21.41	1.1594E+03
24	138	21.57	10.58	10.83	21.41	1.1594E+03
25	138	21.57	10.31	11.10	21.41	1.1594E+03
26	138	21.57	10.55	10.85	21.4	1.2319E+03
27	138	21.57	10.5	10.9	21.4	1.2319E+03
28	138	21.57	10.65	10.75	21.4	1.2319E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	22.09	9.46	12.63	22.09	0.0000E+00
1	138	22.09	9.99	12.06	22.05	2.8986E+02
2	138	22.09	10.29	11.75	22.04	3.6232E+02
3	138	22.09	9.69	12.34	22.03	4.3478E+02
4	138	22.09	9.87	12.15	22.02	5.0725E+02
5	138	22.09	9.52	12.5	22.02	5.0725E+02
6	138	22.09	9.27	12.74	22.01	5.7971E+02
7	138	22.09	9.14	12.87	22.01	5.7971E+02
8	138	22.09	8.3	13.7	22	6.5217E+02
9	138	22.09	10.98	11.02	22	6.5217E+02
10	138	22.09	10.94	11.05	21.99	7.2464E+02
11	138	22.09	11.01	10.98	21.99	7.2464E+02
12	138	22.09	10.99	11.01	22	6.5217E+02
13	138	22.09	8.28	13.72	22	6.5217E+02
14	138	22.09	11.28	10.72	22	6.5217E+02
15	138	22.09	11.28	10.72	22	6.5217E+02
16	138	22.09	10.71	11.28	21.99	7.2464E+02
17	138	22.09	10.61	11.37	21.98	7.9710E+02
18	138	22.09	11.37	10.61	21.98	7.9710E+02
19	138	22.09	10.07	11.9	21.97	8.6957E+02
20	138	22.09	11.27	10.7	21.97	8.6957E+02
21	138	22.09	10.35	11.61	21.96	9.4203E+02
22	138	22.09	11.61	10.35	21.96	9.4203E+02
23	138	22.09	11.41	10.56	21.97	8.6957E+02
24	138	22.09	11.37	10.60	21.97	8.6957E+02
25	138	22.09	11.35	10.61	21.96	9.4203E+02
26	138	22.09	10.77	11.18	21.95	1.0145E+03
27	138	22.09	10.8	11.15	21.95	1.0145E+03
28	138	22.09	10.75	11.2	21.95	1.0145E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	23.12	9.85	13.27	23.12	0.00000E+00
1	138	23.12	9.49	13.6	23.09	2.17391E+02
2	138	23.12	9.97	13.11	23.08	2.89855E+02
3	138	23.12	9.81	13.27	23.08	2.89855E+02
4	138	23.12	9.57	13.5	23.07	3.62319E+02
5	138	23.12	9.5	13.56	23.06	4.34783E+02
6	138	23.12	9.32	13.73	23.05	5.07246E+02
7	138	23.12	9.33	13.72	23.05	5.07246E+02
8	138	23.12	9.32	13.73	23.05	5.07246E+02
9	138	23.12	11.6	11.43	23.03	6.52174E+02
10	138	23.12	11.43	11.6	23.03	6.52174E+02
11	138	23.12	11.18	11.85	23.03	6.52174E+02
12	138	23.12	9.3	13.72	23.02	7.24638E+02
13	138	23.12	10.66	12.36	23.02	7.24638E+02
14	138	23.12	11.62	11.4	23.02	7.24638E+02
15	138	23.12	11.67	11.34	23.01	7.97101E+02
16	138	23.12	11.34	11.67	23.01	7.97101E+02
17	138	23.12	11.67	11.34	23.01	7.97101E+02
18	138	23.12	10.23	12.76	22.99	9.42029E+02
19	138	23.12	12.76	10.23	22.99	9.42029E+02
20	138	23.12	11.3	11.7	23	8.69565E+02
21	138	23.12	10.24	12.75	22.99	9.42029E+02
22	138	23.12	12.76	10.24	23	8.69565E+02
23	138	23.12	11.02	11.97	22.99	9.42029E+02
24	138	23.12	11.97	11.02	22.99	9.42029E+02
25	138	23.12	11.02	11.97	22.99	9.42029E+02
26	138	23.12	11.97	11.02	22.99	9.42029E+02
27	138	23.12	11.56	11.43	22.99	9.42029E+02
28	138	23.12	11.72	11.27	22.99	9.42029E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	21.76	8.46	13.3	21.76	0.0000E+00
1	138	21.76	9.48	12.25	21.73	2.1739E+02
2	138	21.76	10.51	11.2	21.71	3.6232E+02
3	138	21.76	9.48	12.22	21.7	4.3478E+02
4	138	21.76	9.35	12.33	21.68	5.7971E+02
5	138	21.76	8.7	12.98	21.68	5.7971E+02
6	138	21.76	9.64	12.03	21.67	6.5217E+02
7	138	21.76	8.71	12.96	21.67	6.5217E+02
8	138	21.76	9.7	11.96	21.66	7.2464E+02
9	138	21.76	8.7	12.96	21.66	7.2464E+02
10	138	21.76	10.69	10.96	21.65	7.9710E+02
11	138	21.76	10.96	10.69	21.65	7.9710E+02
12	138	21.76	10.11	11.54	21.65	7.9710E+02
13	138	21.76	9.22	12.42	21.64	8.6957E+02
14	138	21.76	9.55	12.08	21.63	9.4203E+02
15	138	21.76	10.83	10.8	21.63	9.4203E+02
16	138	21.76	10.22	11.4	21.62	1.0145E+03
17	138	21.76	10.8	10.82	21.62	1.0145E+03
18	138	21.76	11.4	10.22	21.62	1.0145E+03
19	138	21.76	11.86	9.76	21.62	1.0145E+03
20	138	21.76	10.8	10.82	21.62	1.0145E+03
21	138	21.76	10.78	10.83	21.61	1.0870E+03
22	138	21.76	10.83	10.78	21.61	1.0870E+03
23	138	21.76	11.39	10.22	21.61	1.0870E+03
24	138	21.76	10.48	11.13	21.61	1.0870E+03
25	138	21.76	10.89	10.71	21.6	1.1594E+03
26	138	21.76	11.4	10.2	21.6	1.1594E+03
27	138	21.76	11.47	10.13	21.6	1.1594E+03
28	138	21.76	11.23	10.37	21.6	1.1594E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และส่งหรืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	21.79	8.62	13.17	21.79	0.0000E+00
1	138	21.79	8.14	13.6	21.74	3.6232E+02
2	138	21.79	8.95	12.77	21.72	5.0725E+02
3	138	21.79	8.63	13.09	21.72	5.0725E+02
4	138	21.79	8.69	13.02	21.71	5.7971E+02
5	138	21.79	8.65	13.06	21.71	5.7971E+02
6	138	21.79	7.98	13.73	21.71	5.7971E+02
7	138	21.79	8.21	13.49	21.7	6.5217E+02
8	138	21.79	8.53	13.16	21.69	7.2464E+02
9	138	21.79	10.75	10.94	21.69	7.2464E+02
10	138	21.79	10.88	10.8	21.68	7.9710E+02
11	138	21.79	10.8	10.88	21.68	7.9710E+02
12	138	21.79	10.25	11.43	21.68	7.9710E+02
13	138	21.79	9.21	12.47	21.68	7.9710E+02
14	138	21.79	10.91	10.76	21.67	8.6957E+02
15	138	21.79	10.85	10.82	21.67	8.6957E+02
16	138	21.79	10.32	11.34	21.66	9.4203E+02
17	138	21.79	10.82	10.84	21.66	9.4203E+02
18	138	21.79	10.84	10.82	21.66	9.4203E+02
19	138	21.79	10.92	10.72	21.64	1.0870E+03
20	138	21.79	10.72	10.92	21.64	1.0870E+03
21	138	21.79	10.9	10.75	21.65	1.0145E+03
22	138	21.79	10.74	10.91	21.65	1.0145E+03
23	138	21.79	11.59	10.06	21.65	1.0145E+03
24	138	21.79	11.48	10.17	21.65	1.0145E+03
25	138	21.79	11.36	10.29	21.65	1.0145E+03
26	138	21.79	10.54	11.1	21.64	1.0870E+03
27	138	21.79	11.05	10.6	21.65	1.0145E+03
28	138	21.79	10.83	10.82	21.65	1.0145E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	22.32	9.34	12.98	22.32	0.00000E+00
1	138	22.32	9.4	12.86	22.26	4.34783E+02
2	138	22.32	9.82	12.42	22.24	5.79710E+02
3	138	22.32	9.88	12.36	22.24	5.79710E+02
4	138	22.32	9.56	12.67	22.23	6.52174E+02
5	138	22.32	9.14	13.07	22.21	7.97101E+02
6	138	22.32	9.79	12.42	22.21	7.97101E+02
7	138	22.32	9.91	12.3	22.21	7.97101E+02
8	138	22.32	8.63	13.58	22.21	7.97101E+02
9	138	22.32	11.1	11.1	22.2	8.69565E+02
10	138	22.32	11.37	10.82	22.19	9.42029E+02
11	138	22.32	11.81	10.37	22.18	1.01449E+03
12	138	22.32	10.7	11.48	22.18	1.01449E+03
13	138	22.32	9.62	12.56	22.18	1.01449E+03
14	138	22.32	11	11.17	22.17	1.08696E+03
15	138	22.32	10.68	11.49	22.17	1.08696E+03
16	138	22.32	11	11.17	22.17	1.08696E+03
17	138	22.32	11.17	11	22.17	1.08696E+03
18	138	22.32	11.49	10.68	22.17	1.08696E+03
19	138	22.32	11.44	10.72	22.16	1.15942E+03
20	138	22.32	11	11.16	22.16	1.15942E+03
21	138	22.32	11.44	10.72	22.16	1.15942E+03
22	138	22.32	11.15	11	22.15	1.23188E+03
23	138	22.32	10.39	11.76	22.15	1.23188E+03
24	138	22.32	10.24	11.90	22.14	1.30435E+03
25	138	22.32	11.85	10.29	22.14	1.30435E+03
26	138	22.32	11.85	10.29	22.14	1.30435E+03
27	138	22.32	11.63	10.51	22.14	1.30435E+03
28	138	22.32	11.13	11.01	22.14	1.30435E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.38	7.71	13.67	21.38	0.0000E+00
1	137	21.38	8.64	12.7	21.34	2.9197E+02
2	137	21.38	8.08	13.24	21.32	4.3796E+02
3	137	21.38	8.12	13.2	21.32	4.3796E+02
4	137	21.38	8.09	13.21	21.3	5.8394E+02
5	137	21.38	8.91	12.39	21.3	5.8394E+02
6	137	21.38	7.59	13.7	21.29	6.5693E+02
7	137	21.38	9.17	12.12	21.29	6.5693E+02
8	137	21.38	10.5	10.78	21.28	7.2993E+02
9	137	21.38	10.49	10.78	21.27	8.0292E+02
10	137	21.38	10.78	10.49	21.27	8.0292E+02
11	137	21.38	10.23	11.04	21.27	8.0292E+02
12	137	21.38	11.24	10.02	21.26	8.7591E+02
13	137	21.38	10.02	11.24	21.26	8.7591E+02
14	137	21.38	10.34	10.92	21.26	8.7591E+02
15	137	21.38	10.45	10.81	21.26	8.7591E+02
16	137	21.38	10.91	10.34	21.25	9.4891E+02
17	137	21.38	10.34	10.91	21.25	9.4891E+02
18	137	21.38	10.48	10.77	21.25	9.4891E+02
19	137	21.38	10.77	10.48	21.25	9.4891E+02
20	137	21.38	10.38	10.86	21.24	1.0219E+03
21	137	21.38	10.57	10.67	21.24	1.0219E+03
22	137	21.38	10.86	10.38	21.24	1.0219E+03
23	137	21.38	10.88	10.36	21.24	1.0219E+03
24	137	21.38	10.65	10.58	21.23	1.0949E+03
25	137	21.38	10	11.23	21.23	1.0949E+03
26	137	21.38	10.11	11.12	21.23	1.0949E+03
27	137	21.38	11.13	10.1	21.23	1.0949E+03
28	137	21.38	10.79	10.44	21.23	1.0949E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.72	9.92	11.8	21.72	0.0000E+00
1	137	21.72	9.14	12.5	21.64	5.8394E+02
2	137	21.72	11.57	10.05	21.62	7.2993E+02
3	137	21.72	8.99	12.62	21.61	8.0292E+02
4	137	21.72	8.42	13.18	21.6	8.7591E+02
5	137	21.72	8.69	12.9	21.59	9.4891E+02
6	137	21.72	8.34	13.24	21.58	1.0219E+03
7	137	21.72	8.45	13.14	21.59	9.4891E+02
8	137	21.72	10.69	10.89	21.58	1.0219E+03
9	137	21.72	10.62	10.95	21.57	1.0949E+03
10	137	21.72	10.95	10.62	21.57	1.0949E+03
11	137	21.72	10.62	10.95	21.57	1.0949E+03
12	137	21.72	10.28	11.28	21.56	1.1679E+03
13	137	21.72	9.28	12.28	21.56	1.1679E+03
14	137	21.72	11.04	10.51	21.55	1.2409E+03
15	137	21.72	10.34	11.21	21.55	1.2409E+03
16	137	21.72	11.51	10.04	21.55	1.2409E+03
17	137	21.72	11.21	10.34	21.55	1.2409E+03
18	137	21.72	11.4	10.13	21.53	1.3869E+03
19	137	21.72	10.32	11.21	21.53	1.3869E+03
20	137	21.72	11.13	10.4	21.53	1.3869E+03
21	137	21.72	11.4	10.13	21.53	1.3869E+03
22	137	21.72	11.21	10.32	21.53	1.3869E+03
23	137	21.72	11	10.53	21.53	1.3869E+03
24	137	21.72	10.61	10.91	21.52	1.4599E+03
25	137	21.72	10.98	10.54	21.52	1.4599E+03
26	137	21.72	10.81	10.71	21.52	1.4599E+03
27	137	21.72	10.32	11.2	21.52	1.4599E+03
28	137	21.72	10.87	10.65	21.52	1.4599E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.38	7.71	13.67	21.38	0.00000E+00
1	137	21.38	8.64	12.7	21.34	2.91971E+02
2	137	21.38	8.08	13.24	21.32	4.37956E+02
3	137	21.38	8.12	13.2	21.32	4.37956E+02
4	137	21.38	8.09	13.21	21.3	5.83942E+02
5	137	21.38	8.91	12.39	21.3	5.83942E+02
6	137	21.38	7.59	13.7	21.29	6.56934E+02
7	137	21.38	9.17	12.11	21.28	7.29927E+02
8	137	21.38	10.5	10.78	21.28	7.29927E+02
9	137	21.38	10.49	10.78	21.27	8.02920E+02
10	137	21.38	10.78	10.49	21.27	8.02920E+02
11	137	21.38	10.23	11.04	21.27	8.02920E+02
12	137	21.38	11.24	10.02	21.26	8.75912E+02
13	137	21.38	10.02	11.24	21.26	8.75912E+02
14	137	21.38	10.34	10.91	21.25	9.48905E+02
15	137	21.38	10.45	10.8	21.25	9.48905E+02
16	137	21.38	10.91	10.34	21.25	9.48905E+02
17	137	21.38	10.34	10.91	21.25	9.48905E+02
18	137	21.38	10.48	10.77	21.25	9.48905E+02
19	137	21.38	10.77	10.48	21.25	9.48905E+02
20	137	21.38	10.38	10.86	21.24	1.02190E+03
21	137	21.38	10.57	10.67	21.24	1.02190E+03
22	137	21.38	10.86	10.38	21.24	1.02190E+03
23	137	21.38	10.88	10.36	21.24	1.02190E+03
24	137	21.38	10.65	10.59	21.24	1.02190E+03
25	137	21.38	10	11.23	21.23	1.09489E+03
26	137	21.38	10.11	11.12	21.23	1.09489E+03
27	137	21.38	11.13	10.1	21.23	1.09489E+03
28	137	21.38	10.79	10.44	21.23	1.09489E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารลดน้ำ 0%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.08	8.39	12.69	21.08	0.0000E+00
1	137	21.08	8.93	12.14	21.07	7.2993E+01
2	137	21.08	8.51	12.56	21.07	7.2993E+01
3	137	21.08	7.92	13.14	21.06	1.4599E+02
4	137	21.08	9.43	11.63	21.06	1.4599E+02
5	137	21.08	8.28	12.75	21.03	3.6496E+02
6	137	21.08	8.22	12.8	21.02	4.3796E+02
7	137	21.08	8.56	12.46	21.02	4.3796E+02
8	137	21.08	10.6	10.41	21.01	5.1095E+02
9	137	21.08	10.46	10.54	21	5.8394E+02
10	137	21.08	12.45	8.56	21.01	5.1095E+02
11	137	21.08	10.3	10.7	21	5.8394E+02
12	137	21.08	8.69	12.31	21	5.8394E+02
13	137	21.08	10.17	10.83	21	5.8394E+02
14	137	21.08	10.98	10.01	20.99	6.5693E+02
15	137	21.08	10.68	10.31	20.99	6.5693E+02
16	137	21.08	10.43	10.55	20.98	7.2993E+02
17	137	21.08	10.55	10.43	20.98	7.2993E+02
18	137	21.08	10.55	10.43	20.98	7.2993E+02
19	137	21.08	10.89	10.08	20.97	8.0292E+02
20	137	21.08	10.42	10.55	20.97	8.0292E+02
21	137	21.08	10.55	10.42	20.97	8.0292E+02
22	137	21.08	10.08	10.89	20.97	8.0292E+02
23	137	21.08	10.47	10.5	20.97	8.0292E+02
24	137	21.08	10.47	10.50	20.97	8.0292E+02
25	137	21.08	10.46	10.51	20.97	8.0292E+02
26	137	21.08	10.48	10.48	20.96	8.7591E+02
27	137	21.08	10.43	10.53	20.96	8.7591E+02
28	137	21.08	10.12	10.84	20.96	8.7591E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และคัดลอกอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 ธารลดน้ำ 0%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.26	7.55	13.71	21.26	0.0000E+00
1	137	21.26	8.07	13.17	21.24	1.4599E+02
2	137	21.26	9.35	11.87	21.22	2.9197E+02
3	137	21.26	8.05	13.16	21.21	3.6496E+02
4	137	21.26	8.49	12.71	21.2	4.3796E+02
5	137	21.26	8.91	12.28	21.19	5.1095E+02
6	137	21.26	7.54	13.65	21.19	5.1095E+02
7	137	21.26	7.54	13.65	21.19	5.1095E+02
8	137	21.26	10.62	10.56	21.18	5.8394E+02
9	137	21.26	10.61	10.56	21.17	6.5693E+02
10	137	21.26	10.56	10.61	21.17	6.5693E+02
11	137	21.26	10.65	10.52	21.17	6.5693E+02
12	137	21.26	7.44	13.72	21.16	7.2993E+02
13	137	21.26	10.35	10.81	21.16	7.2993E+02
14	137	21.26	10.46	10.69	21.15	8.0292E+02
15	137	21.26	10.22	10.93	21.15	8.0292E+02
16	137	21.26	10.8	10.35	21.15	8.0292E+02
17	137	21.26	10.69	10.46	21.15	8.0292E+02
18	137	21.26	10.08	11.07	21.15	8.0292E+02
19	137	21.26	10.07	11.07	21.14	8.7591E+02
20	137	21.26	11.07	10.07	21.14	8.7591E+02
21	137	21.26	10.99	10.15	21.14	8.7591E+02
22	137	21.26	10.85	10.28	21.13	9.4891E+02
23	137	21.26	10.3	10.81	21.11	1.0949E+03
24	137	21.26	10.37	10.74	21.11	1.0949E+03
25	137	21.26	10.38	10.73	21.11	1.0949E+03
26	137	21.26	10.41	10.7	21.11	1.0949E+03
27	137	21.26	10.37	10.74	21.11	1.0949E+03
28	137	21.26	10.36	10.75	21.11	1.0949E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารลดน้ำ 0%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.66	9.54	12.12	21.66	0.00000E+00
1	137	21.66	9.36	12.28	21.64	1.45985E+02
2	137	21.66	10.04	11.59	21.63	2.18978E+02
3	137	21.66	10.34	11.28	21.62	2.91971E+02
4	137	21.66	9.04	12.56	21.6	4.37956E+02
5	137	21.66	10.03	11.56	21.59	5.10949E+02
6	137	21.66	8.41	13.18	21.59	5.10949E+02
7	137	21.66	10.87	10.71	21.58	5.83942E+02
8	137	21.66	11.05	10.52	21.57	6.56934E+02
9	137	21.66	11.52	10.05	21.57	6.56934E+02
10	137	21.66	11.05	10.52	21.57	6.56934E+02
11	137	21.66	10.45	11.12	21.57	6.56934E+02
12	137	21.66	8.69	12.88	21.57	6.56934E+02
13	137	21.66	10.01	11.55	21.56	7.29927E+02
14	137	21.66	10.64	10.91	21.55	8.02920E+02
15	137	21.66	10.62	10.93	21.55	8.02920E+02
16	137	21.66	10.91	10.64	21.55	8.02920E+02
17	137	21.66	10.64	10.91	21.55	8.02920E+02
18	137	21.66	11.2	10.34	21.54	8.75912E+02
19	137	21.66	10.41	11.13	21.54	8.75912E+02
20	137	21.66	11.11	10.43	21.54	8.75912E+02
21	137	21.66	10.41	11.13	21.54	8.75912E+02
22	137	21.66	11.12	10.41	21.53	9.48905E+02
23	137	21.66	10.43	11.1	21.53	9.48905E+02
24	137	21.66	11.51	10.01	21.52	1.02190E+03
25	137	21.66	10.67	10.84	21.51	1.09489E+03
26	137	21.66	10.51	11	21.51	1.09489E+03
27	137	21.66	10.65	10.86	21.51	1.09489E+03
28	137	21.66	10.46	11.05	21.51	1.09489E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	22.04	11.06	10.98	22.04	0.0000E+00
1	137	22.04	11.23	10.78	22.01	2.1898E+02
2	137	22.04	11.35	10.65	22	2.9197E+02
3	137	22.04	10.42	11.56	21.98	4.3796E+02
4	137	22.04	11.79	10.19	21.98	4.3796E+02
5	137	22.04	11.16	10.81	21.97	5.1095E+02
6	137	22.04	9.46	12.49	21.95	6.5693E+02
7	137	22.04	10.08	11.86	21.94	7.2993E+02
8	137	22.04	10.97	10.96	21.93	8.0292E+02
9	137	22.04	10.99	10.94	21.93	8.0292E+02
10	137	22.04	10.94	10.99	21.93	8.0292E+02
11	137	22.04	11.66	10.27	21.93	8.0292E+02
12	137	22.04	10.5	11.43	21.93	8.0292E+02
13	137	22.04	11.53	10.4	21.93	8.0292E+02
14	137	22.04	10.99	10.93	21.92	8.7591E+02
15	137	22.04	11.04	10.88	21.92	8.7591E+02
16	137	22.04	11.87	10.04	21.91	9.4891E+02
17	137	22.04	10.87	11.04	21.91	9.4891E+02
18	137	22.04	11.57	10.34	21.91	9.4891E+02
19	137	22.04	11.87	10.04	21.91	9.4891E+02
20	137	22.04	11.34	10.57	21.91	9.4891E+02
21	137	22.04	10.03	11.87	21.9	1.0219E+03
22	137	22.04	10.02	11.87	21.89	1.0949E+03
23	137	22.04	11.6	10.29	21.89	1.0949E+03
24	137	22.04	12.13	9.76	21.89	1.0949E+03
25	137	22.04	11.38	10.51	21.89	1.0949E+03
26	137	22.04	11.29	10.6	21.89	1.0949E+03
27	137	22.04	11.34	10.55	21.89	1.0949E+03
28	137	22.04	11.49	10.4	21.89	1.0949E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.31	9.69	11.62	21.31	0.0000E+00
1	137	21.31	8.99	12.3	21.29	1.4599E+02
2	137	21.31	9.73	11.54	21.27	2.9197E+02
3	137	21.31	8.76	12.5	21.26	3.6496E+02
4	137	21.31	9.56	11.68	21.24	5.1095E+02
5	137	21.31	8.3	12.94	21.24	5.1095E+02
6	137	21.31	7.86	13.37	21.23	5.8394E+02
7	137	21.31	8.75	12.48	21.23	5.8394E+02
8	137	21.31	10.65	10.57	21.22	6.5693E+02
9	137	21.31	10.48	10.74	21.22	6.5693E+02
10	137	21.31	10.73	10.49	21.22	6.5693E+02
11	137	21.31	10.88	10.34	21.22	6.5693E+02
12	137	21.31	8.62	12.59	21.21	7.2993E+02
13	137	21.31	11.78	9.42	21.2	8.0292E+02
14	137	21.31	10.59	10.61	21.2	8.0292E+02
15	137	21.31	10.42	10.77	21.19	8.7591E+02
16	137	21.31	10.6	10.59	21.19	8.7591E+02
17	137	21.31	10.59	10.6	21.19	8.7591E+02
18	137	21.31	10.49	10.7	21.19	8.7591E+02
19	137	21.31	10.43	10.75	21.18	9.4891E+02
20	137	21.31	10.7	10.48	21.18	9.4891E+02
21	137	21.31	10.48	10.7	21.18	9.4891E+02
22	137	21.31	10.75	10.43	21.18	9.4891E+02
23	137	21.31	10.83	10.35	21.18	9.4891E+02
24	137	21.31	10.83	10.34	21.17	1.0219E+03
25	137	21.31	10.9	10.27	21.17	1.0219E+03
26	137	21.31	10.83	10.34	21.17	1.0219E+03
27	137	21.31	10.72	10.45	21.17	1.0219E+03
28	137	21.31	10.97	10.2	21.17	1.0219E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และคัดลอกอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.35	8.43	12.92	21.35	0.00000E+00
1	137	21.35	9.85	11.47	21.32	2.18978E+02
2	137	21.35	9.62	11.69	21.31	2.91971E+02
3	137	21.35	9.06	12.23	21.29	4.37956E+02
4	137	21.35	8.55	12.72	21.27	5.83942E+02
5	137	21.35	8.01	13.26	21.27	5.83942E+02
6	137	21.35	8.03	13.22	21.25	7.29927E+02
7	137	21.35	8.95	12.3	21.25	7.29927E+02
8	137	21.35	10.44	10.81	21.25	7.29927E+02
9	137	21.35	10.62	10.63	21.25	7.29927E+02
10	137	21.35	10.29	10.95	21.24	8.02920E+02
11	137	21.35	8.61	12.63	21.24	8.02920E+02
12	137	21.35	10.97	10.25	21.22	9.48905E+02
13	137	21.35	10.5	10.72	21.22	9.48905E+02
14	137	21.35	10.8	10.42	21.22	9.48905E+02
15	137	21.35	10.25	10.97	21.22	9.48905E+02
16	137	21.35	10.42	10.8	21.22	9.48905E+02
17	137	21.35	10.99	10.21	21.2	1.09489E+03
18	137	21.35	10.21	10.99	21.2	1.09489E+03
19	137	21.35	10.42	10.78	21.2	1.09489E+03
20	137	21.35	10.78	10.42	21.2	1.09489E+03
21	137	21.35	10.78	10.42	21.2	1.09489E+03
22	137	21.35	10.78	10.42	21.2	1.09489E+03
23	137	21.35	11.14	10.05	21.19	1.16788E+03
24	137	21.35	11.01	10.18	21.19	1.16788E+03
25	137	21.35	10.5	10.69	21.19	1.16788E+03
26	137	21.35	10.61	10.57	21.18	1.24088E+03
27	137	21.35	10.58	10.6	21.18	1.24088E+03
28	137	21.35	10.95	10.23	21.18	1.24088E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.09	8.18	12.91	21.09	0.0000E+00
1	137	21.09	9.24	11.84	21.08	7.2993E+01
2	137	21.09	8.57	12.46	21.03	4.3796E+02
3	137	21.09	8.55	12.47	21.02	5.1095E+02
4	137	21.09	8.33	12.69	21.02	5.1095E+02
5	137	21.09	8.48	12.54	21.02	5.1095E+02
6	137	21.09	7.81	13.21	21.02	5.1095E+02
7	137	21.09	10.01	10.99	21	6.5693E+02
8	137	21.09	10.88	10.11	20.99	7.2993E+02
9	137	21.09	10.26	10.74	21	6.5693E+02
10	137	21.09	8.12	12.86	20.98	8.0292E+02
11	137	21.09	10.3	10.69	20.99	7.2993E+02
12	137	21.09	10.92	10.06	20.98	8.0292E+02
13	137	21.09	10.31	10.67	20.98	8.0292E+02
14	137	21.09	10.68	10.3	20.98	8.0292E+02
15	137	21.09	10.67	10.31	20.98	8.0292E+02
16	137	21.09	10.27	10.7	20.97	8.7591E+02
17	137	21.09	10.7	10.27	20.97	8.7591E+02
18	137	21.09	10.7	10.27	20.97	8.7591E+02
19	137	21.09	10.65	10.31	20.96	9.4891E+02
20	137	21.09	10.31	10.65	20.96	9.4891E+02
21	137	21.09	10.09	10.87	20.96	9.4891E+02
22	137	21.09	10.12	10.84	20.96	9.4891E+02
23	137	21.09	10.59	10.37	20.96	9.4891E+02
24	137	21.09	10.5	10.45	20.95	1.0219E+03
25	137	21.09	10.53	10.42	20.95	1.0219E+03
26	137	21.09	10.45	10.5	20.95	1.0219E+03
27	137	21.09	10.53	10.42	20.95	1.0219E+03
28	137	21.09	10.47	10.48	20.95	1.0219E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.65	9.52	12.13	21.65	0.0000E+00
1	137	21.65	9.87	11.75	21.62	2.1898E+02
2	137	21.65	9.56	12.04	21.6	3.6496E+02
3	137	21.65	8.56	13.03	21.59	4.3796E+02
4	137	21.65	9.12	12.46	21.58	5.1095E+02
5	137	21.65	10.1	11.48	21.58	5.1095E+02
6	137	21.65	10.27	11.31	21.58	5.1095E+02
7	137	21.65	10.89	10.68	21.57	5.8394E+02
8	137	21.65	10.61	10.95	21.56	6.5693E+02
9	137	21.65	10.95	10.61	21.56	6.5693E+02
10	137	21.65	10.54	11.02	21.56	6.5693E+02
11	137	21.65	9.15	12.4	21.55	7.2993E+02
12	137	21.65	10.48	11.08	21.56	6.5693E+02
13	137	21.65	10.84	10.71	21.55	7.2993E+02
14	137	21.65	10.8	10.74	21.54	8.0292E+02
15	137	21.65	10.8	10.74	21.54	8.0292E+02
16	137	21.65	10.71	10.84	21.55	7.2993E+02
17	137	21.65	10.33	11.22	21.55	7.2993E+02
18	137	21.65	11.33	10.22	21.55	7.2993E+02
19	137	21.65	10.76	10.8	21.56	6.5693E+02
20	137	21.65	10.8	10.76	21.56	6.5693E+02
21	137	21.65	10.22	11.33	21.55	7.2993E+02
22	137	21.65	10.54	11	21.54	8.0292E+02
23	137	21.65	11	10.53	21.53	8.7591E+02
24	137	21.65	10.7	10.83	21.53	8.7591E+02
25	137	21.65	10.73	10.80	21.53	8.7591E+02
26	137	21.65	10.69	10.84	21.53	8.7591E+02
27	137	21.65	10.73	10.8	21.53	8.7591E+02
28	137	21.65	10.61	10.92	21.53	8.7591E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.29	7.99	13.3	21.29	0.00000E+00
1	137	21.29	8.58	12.66	21.24	3.64964E+02
2	137	21.29	7.92	13.32	21.24	3.64964E+02
3	137	21.29	8.5	12.72	21.22	5.10949E+02
4	137	21.29	8.1	13.11	21.21	5.83942E+02
5	137	21.29	8.09	13.12	21.21	5.83942E+02
6	137	21.29	7.48	13.72	21.2	6.56934E+02
7	137	21.29	10.48	10.72	21.2	6.56934E+02
8	137	21.29	10.58	10.61	21.19	7.29927E+02
9	137	21.29	10.61	10.58	21.19	7.29927E+02
10	137	21.29	10.15	11.04	21.19	7.29927E+02
11	137	21.29	10.19	11	21.19	7.29927E+02
12	137	21.29	10.15	11.03	21.18	8.02920E+02
13	137	21.29	10.52	10.66	21.18	8.02920E+02
14	137	21.29	10.8	10.38	21.18	8.02920E+02
15	137	21.29	11.03	10.15	21.18	8.02920E+02
16	137	21.29	10.15	11.03	21.18	8.02920E+02
17	137	21.29	10.49	10.69	21.18	8.02920E+02
18	137	21.29	10.37	10.8	21.17	8.75912E+02
19	137	21.29	10.1	11.07	21.17	8.75912E+02
20	137	21.29	10.8	10.37	21.17	8.75912E+02
21	137	21.29	10.06	11.1	21.16	9.48905E+02
22	137	21.29	10.04	11.12	21.16	9.48905E+02
23	137	21.29	10.28	10.88	21.16	9.48905E+02
24	137	21.29	10.64	10.52	21.16	9.48905E+02
25	137	21.29	10.68	10.48	21.16	9.48905E+02
26	137	21.29	10.54	10.62	21.16	9.48905E+02
27	137	21.29	10.52	10.64	21.16	9.48905E+02
28	137	21.29	10.13	11.03	21.16	9.48905E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 1%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%ปฏิกิริยา
			L	R		
0	138	22.49	9.85	12.64	22.49	0.0000E+00
1	138	22.49	10.43	12.03	22.46	2.1739E+02
2	138	22.49	9.51	12.93	22.44	3.6232E+02
3	138	22.49	10.14	12.29	22.43	4.3478E+02
4	138	22.49	10.13	12.29	22.42	5.0725E+02
5	138	22.49	9.58	12.83	22.41	5.7971E+02
6	138	22.49	9.99	12.41	22.4	6.5217E+02
7	138	22.49	9.55	12.85	22.4	6.5217E+02
8	138	22.49	9.49	12.9	22.39	7.2464E+02
9	138	22.49	11.51	10.87	22.38	7.9710E+02
10	138	22.49	11.03	11.35	22.38	7.9710E+02
11	138	22.49	9.49	12.89	22.38	7.9710E+02
12	138	22.49	10.45	11.93	22.38	7.9710E+02
13	138	22.49	9.14	13.24	22.38	7.9710E+02
14	138	22.49	11.47	10.9	22.37	8.6957E+02
15	138	22.49	11.12	11.25	22.37	8.6957E+02
16	138	22.49	11.02	11.34	22.36	9.4203E+02
17	138	22.49	11.46	10.9	22.36	9.4203E+02
18	138	22.49	11.34	11.02	22.36	9.4203E+02
19	138	22.49	10.83	11.52	22.35	1.0145E+03
20	138	22.49	11.29	11.05	22.34	1.0870E+03
21	138	22.49	11.44	10.9	22.34	1.0870E+03
22	138	22.49	11.29	11.05	22.34	1.0870E+03
23	138	22.49	11.75	10.59	22.34	1.0870E+03
24	138	22.49	11.7	10.64	22.34	1.0870E+03
25	138	22.49	11.29	11.05	22.34	1.0870E+03
26	138	22.49	11.51	10.83	22.34	1.0870E+03
27	138	22.49	11.69	10.65	22.34	1.0870E+03
28	138	22.49	11.5	10.84	22.34	1.0870E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 1%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	23.04	10.43	12.61	23.04	0.0000E+00
1	138	23.04	10.2	12.82	23.02	1.4493E+02
2	138	23.04	9.6	13.4	23	2.8986E+02
3	138	23.04	9.27	13.72	22.99	3.6232E+02
4	138	23.04	9.59	13.38	22.97	5.0725E+02
5	138	23.04	9.68	13.28	22.96	5.7971E+02
6	138	23.04	9.3	13.65	22.95	6.5217E+02
7	138	23.04	10.01	12.94	22.95	6.5217E+02
8	138	23.04	10.2	12.73	22.93	7.9710E+02
9	138	23.04	11.2	11.73	22.93	7.9710E+02
10	138	23.04	11.22	11.71	22.93	7.9710E+02
11	138	23.04	10.73	12.2	22.93	7.9710E+02
12	138	23.04	11.01	11.91	22.92	8.6957E+02
13	138	23.04	9.54	13.38	22.92	8.6957E+02
14	138	23.04	11.17	11.75	22.92	8.6957E+02
15	138	23.04	11.09	11.83	22.92	8.6957E+02
16	138	23.04	11.06	11.86	22.92	8.6957E+02
17	138	23.04	11.17	11.75	22.92	8.6957E+02
18	138	23.04	11.83	11.09	22.92	8.6957E+02
19	138	23.04	11.54	11.37	22.91	9.4203E+02
20	138	23.04	11.69	11.22	22.91	9.4203E+02
21	138	23.04	11.04	11.86	22.9	1.0145E+03
22	138	23.04	10.98	11.92	22.9	1.0145E+03
23	138	23.04	11.98	10.92	22.9	1.0145E+03
24	138	23.04	12.86	10.04	22.9	1.0145E+03
25	138	23.04	10.98	11.92	22.9	1.0145E+03
26	138	23.04	11.7	11.2	22.9	1.0145E+03
27	138	23.04	12.84	10.06	22.9	1.0145E+03
28	138	23.04	11.9	11	22.9	1.0145E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.30 สารเร่ง 1%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	138	22.90	9.3	13.6	22.90	0.00000E+00
1	138	22.90	11.42	11.45	22.87	2.17391E+02
2	138	22.90	11.89	10.97	22.86	2.89855E+02
3	138	22.90	11.31	11.54	22.85	3.62319E+02
4	138	22.90	10.73	12.11	22.84	4.34783E+02
5	138	22.90	10.87	11.95	22.82	5.79710E+02
6	138	22.90	10.6	12.22	22.82	5.79710E+02
7	138	22.90	10.91	11.9	22.81	6.52174E+02
8	138	22.90	11.92	10.88	22.8	7.24638E+02
9	138	22.90	11.55	11.25	22.8	7.24638E+02
10	138	22.90	11.45	11.35	22.8	7.24638E+02
11	138	22.90	11.25	11.55	22.8	7.24638E+02
12	138	22.90	11.66	11.13	22.79	7.97101E+02
13	138	22.90	11.15	11.64	22.79	7.97101E+02
14	138	22.90	11.6	11.19	22.79	7.97101E+02
15	138	22.90	11.4	11.38	22.78	8.69565E+02
16	138	22.90	11.65	11.12	22.77	9.42029E+02
17	138	22.90	11.37	11.4	22.77	9.42029E+02
18	138	22.90	11.12	11.65	22.77	9.42029E+02
19	138	22.90	11.75	11.03	22.78	8.69565E+02
20	138	22.90	11.65	11.12	22.77	9.42029E+02
21	138	22.90	11.38	11.39	22.77	9.42029E+02
22	138	22.90	11.02	11.75	22.77	9.42029E+02
23	138	22.90	11.04	11.72	22.76	1.01449E+03
24	138	22.90	11.61	11.15	22.76	1.01449E+03
25	138	22.90	11.34	11.42	22.76	1.01449E+03
26	138	22.90	11.6	11.16	22.76	1.01449E+03
27	138	22.90	11.2	11.56	22.76	1.01449E+03
28	138	22.90	11.25	11.51	22.76	1.01449E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	20.98	9.32	11.66	20.98	0.0000E+00
1	137	20.98	10.24	10.7	20.94	2.9197E+02
2	137	20.98	8.78	12.17	20.95	2.1898E+02
3	137	20.98	8.78	12.17	20.95	2.1898E+02
4	137	20.98	9.01	11.9	20.91	5.1095E+02
5	137	20.98	7.38	13.53	20.91	5.1095E+02
6	137	20.98	8.7	12.2	20.9	5.8394E+02
7	137	20.98	10.31	10.58	20.89	6.5693E+02
8	137	20.98	10.32	10.56	20.88	7.2993E+02
9	137	20.98	10.57	10.31	20.88	7.2993E+02
10	137	20.98	10.85	10.03	20.88	7.2993E+02
11	137	20.98	8.35	12.53	20.88	7.2993E+02
12	137	20.98	10.22	10.65	20.87	8.0292E+02
13	137	20.98	10.05	10.83	20.88	7.2993E+02
14	137	20.98	10.35	10.52	20.87	8.0292E+02
15	137	20.98	10.46	10.4	20.86	8.7591E+02
16	137	20.98	10.4	10.46	20.86	8.7591E+02
17	137	20.98	10.46	10.4	20.86	8.7591E+02
18	137	20.98	10.51	10.35	20.86	8.7591E+02
19	137	20.98	10.15	10.71	20.86	8.7591E+02
20	137	20.98	10.71	10.15	20.86	8.7591E+02
21	137	20.98	10.51	10.35	20.86	8.7591E+02
22	137	20.98	10.48	10.38	20.86	8.7591E+02
23	137	20.98	10.52	10.33	20.85	9.4891E+02
24	137	20.98	10.5	10.34	20.84	1.0219E+03
25	137	20.98	10.23	10.60	20.83	1.0949E+03
26	137	20.98	10.35	10.48	20.83	1.0949E+03
27	137	20.98	10.35	10.5	20.83	1.0949E+03
28	137	20.98	10.56	10.29	20.83	1.0949E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.41	10.52	10.89	21.41	0.0000E+00
1	137	21.41	9.91	11.48	21.39	1.4599E+02
2	137	21.41	10.12	11.27	21.39	1.4599E+02
3	137	21.41	9.47	11.9	21.37	2.9197E+02
4	137	21.41	9.52	11.84	21.36	3.6496E+02
5	137	21.41	10.44	10.91	21.35	4.3796E+02
6	137	21.41	9.36	11.99	21.35	4.3796E+02
7	137	21.41	10.74	10.59	21.33	5.8394E+02
8	137	21.41	10.91	10.42	21.33	5.8394E+02
9	137	21.41	10.42	10.9	21.32	6.5693E+02
10	137	21.41	11.11	10.21	21.32	6.5693E+02
11	137	21.41	10.2	11.11	21.31	7.2993E+02
12	137	21.41	9.66	11.65	21.31	7.2993E+02
13	137	21.41	10.87	10.44	21.31	7.2993E+02
14	137	21.41	10.73	10.58	21.31	7.2993E+02
15	137	21.41	11.65	9.66	21.31	7.2993E+02
16	137	21.41	10.44	10.87	21.31	7.2993E+02
17	137	21.41	10.77	10.54	21.31	7.2993E+02
18	137	21.41	10.77	10.53	21.3	8.0292E+02
19	137	21.41	10.57	10.72	21.29	8.7591E+02
20	137	21.41	10.53	10.76	21.29	8.7591E+02
21	137	21.41	10.57	10.72	21.29	8.7591E+02
22	137	21.41	11.16	10.13	21.29	8.7591E+02
23	137	21.41	10.75	10.54	21.29	8.7591E+02
24	137	21.41	10.73	10.55	21.28	9.4891E+02
25	137	21.41	10.67	10.61	21.28	9.4891E+02
26	137	21.41	10.74	10.53	21.27	1.0219E+03
27	137	21.41	10.55	10.72	21.27	1.0219E+03
28	137	21.41	10.49	10.78	21.27	1.0219E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.37	8.58	12.79	21.37	0.00000E+00
1	137	21.37	7.89	13.46	21.35	1.45985E+02
2	137	21.37	8.06	13.26	21.32	3.64964E+02
3	137	21.37	8.73	12.58	21.31	4.37956E+02
4	137	21.37	10.41	10.9	21.31	4.37956E+02
5	137	21.37	9.21	12.1	21.31	4.37956E+02
6	137	21.37	8.49	12.8	21.29	5.83942E+02
7	137	21.37	10.52	10.76	21.28	6.56934E+02
8	137	21.37	10.35	10.92	21.27	7.29927E+02
9	137	21.37	10.92	10.35	21.27	7.29927E+02
10	137	21.37	10.35	10.92	21.27	7.29927E+02
11	137	21.37	8.87	12.4	21.27	7.29927E+02
12	137	21.37	10.2	11.06	21.26	8.02920E+02
13	137	21.37	10.33	10.93	21.26	8.02920E+02
14	137	21.37	10.33	10.92	21.25	8.75912E+02
15	137	21.37	11.05	10.2	21.25	8.75912E+02
16	137	21.37	10.92	10.33	21.25	8.75912E+02
17	137	21.37	10.51	10.74	21.25	8.75912E+02
18	137	21.37	10.21	11.04	21.25	8.75912E+02
19	137	21.37	10.2	11.05	21.25	8.75912E+02
20	137	21.37	10.26	10.98	21.24	9.48905E+02
21	137	21.37	10.07	11.17	21.24	9.48905E+02
22	137	21.37	10.08	11.14	21.22	1.09489E+03
23	137	21.37	10.84	10.38	21.22	1.09489E+03
24	137	21.37	10.84	10.38	21.22	1.09489E+03
25	137	21.37	10.82	10.40	21.22	1.09489E+03
26	137	21.37	10.79	10.43	21.22	1.09489E+03
27	137	21.37	10.38	10.84	21.22	1.09489E+03
28	137	21.37	10.46	10.76	21.22	1.09489E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 1%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.05	9.41	11.64	21.05	0.0000E+00
1	137	21.05	9.5	11.52	21.02	2.1898E+02
2	137	21.05	9.52	11.48	21	3.6496E+02
3	137	21.05	9.48	11.5	20.98	5.1095E+02
4	137	21.05	9.9	11.07	20.97	5.8394E+02
5	137	21.05	8.6	12.36	20.96	6.5693E+02
6	137	21.05	8.09	12.88	20.97	5.8394E+02
7	137	21.05	10.34	10.62	20.96	6.5693E+02
8	137	21.05	10.28	10.68	20.96	6.5693E+02
9	137	21.05	10.68	10.28	20.96	6.5693E+02
10	137	21.05	10.87	10.09	20.96	6.5693E+02
11	137	21.05	9.4	11.55	20.95	7.2993E+02
12	137	21.05	10.06	10.88	20.94	8.0292E+02
13	137	21.05	10.78	10.16	20.94	8.0292E+02
14	137	21.05	10.21	10.72	20.93	8.7591E+02
15	137	21.05	11.53	9.4	20.93	8.7591E+02
16	137	21.05	9.4	11.53	20.93	8.7591E+02
17	137	21.05	11.38	9.55	20.93	8.7591E+02
18	137	21.05	10.85	10.08	20.93	8.7591E+02
19	137	21.05	10.72	10.2	20.92	9.4891E+02
20	137	21.05	10.21	10.71	20.92	9.4891E+02
21	137	21.05	10.08	10.83	20.91	1.0219E+03
22	137	21.05	10.65	10.26	20.91	1.0219E+03
23	137	21.05	10.45	10.46	20.91	1.0219E+03
24	137	21.05	10.6	10.30	20.9	1.0949E+03
25	137	21.05	10.53	10.37	20.9	1.0949E+03
26	137	21.05	10.45	10.45	20.9	1.0949E+03
27	137	21.05	10.6	10.3	20.9	1.0949E+03
28	137	21.05	10.58	10.32	20.9	1.0949E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 1%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.09	8.49	12.6	21.09	0.0000E+00
1	137	21.09	8.59	12.47	21.06	2.1898E+02
2	137	21.09	8.43	12.62	21.05	2.9197E+02
3	137	21.09	7.73	13.31	21.04	3.6496E+02
4	137	21.09	8.38	12.65	21.03	4.3796E+02
5	137	21.09	7.97	13.06	21.03	4.3796E+02
6	137	21.09	8.36	12.65	21.01	5.8394E+02
7	137	21.09	7.97	13.06	21.03	4.3796E+02
8	137	21.09	8.29	12.73	21.02	5.1095E+02
9	137	21.09	10.51	10.5	21.01	5.8394E+02
10	137	21.09	10.49	10.52	21.01	5.8394E+02
11	137	21.09	10.52	10.49	21.01	5.8394E+02
12	137	21.09	10.05	10.96	21.01	5.8394E+02
13	137	21.09	8.38	12.61	20.99	7.2993E+02
14	137	21.09	9.36	11.63	20.99	7.2993E+02
15	137	21.09	10.46	10.53	20.99	7.2993E+02
16	137	21.09	10.6	10.38	20.98	8.0292E+02
17	137	21.09	10.52	10.45	20.97	8.7591E+02
18	137	21.09	10.46	10.51	20.97	8.7591E+02
19	137	21.09	10.6	10.37	20.97	8.7591E+02
20	137	21.09	10.37	10.59	20.96	9.4891E+02
21	137	21.09	10.54	10.42	20.96	9.4891E+02
22	137	21.09	11.07	9.89	20.96	9.4891E+02
23	137	21.09	10.9	10.06	20.96	9.4891E+02
24	137	21.09	10.59	10.37	20.96	9.4891E+02
25	137	21.09	10.59	10.37	20.96	9.4891E+02
26	137	21.09	10.45	10.5	20.95	1.0219E+03
27	137	21.09	10.5	10.45	20.95	1.0219E+03
28	137	21.09	10.01	10.94	20.95	1.0219E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/C 0.40 สารเร่ง 1%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	137	21.47	10.09	11.38	21.47	0.00000E+00
1	137	21.47	9.53	11.87	21.4	5.10949E+02
2	137	21.47	9.67	11.72	21.39	5.83942E+02
3	137	21.47	8.69	12.68	21.37	7.29927E+02
4	137	21.47	8.87	12.49	21.36	8.02920E+02
5	137	21.47	8.88	12.48	21.36	8.02920E+02
6	137	21.47	9.12	12.23	21.35	8.75912E+02
7	137	21.47	10.52	10.82	21.34	9.48905E+02
8	137	21.47	10.59	10.74	21.33	1.02190E+03
9	137	21.47	10.74	10.59	21.33	1.02190E+03
10	137	21.47	10.6	10.73	21.33	1.02190E+03
11	137	21.47	9.15	12.18	21.33	1.02190E+03
12	137	21.47	10.44	10.88	21.32	1.09489E+03
13	137	21.47	10.49	10.83	21.32	1.09489E+03
14	137	21.47	10.71	10.6	21.31	1.16788E+03
15	137	21.47	10.87	10.44	21.31	1.16788E+03
16	137	21.47	10.44	10.87	21.31	1.16788E+03
17	137	21.47	10.42	10.88	21.3	1.24088E+03
18	137	21.47	10.65	10.65	21.3	1.24088E+03
19	137	21.47	10.88	10.41	21.29	1.31387E+03
20	137	21.47	10.41	10.88	21.29	1.31387E+03
21	137	21.47	10.64	10.65	21.29	1.31387E+03
22	137	21.47	10.74	10.55	21.29	1.31387E+03
23	137	21.47	10.17	11.12	21.29	1.31387E+03
24	137	21.47	10.65	10.64	21.29	1.31387E+03
25	137	21.47	10.66	10.63	21.29	1.31387E+03
26	137	21.47	10.53	10.76	21.29	1.31387E+03
27	137	21.47	10.17	11.11	21.28	1.38686E+03
28	137	21.47	10.82	10.46	21.28	1.38686E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ข้อมูลอัตราการยึดเหนี่ยวของคอนกรีต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัตราการยี่ดหดตัวของคอนกรีต

คอนกรีต สารลดน้ำ 0%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.44	11.33	12.11	23.44	0.0000E+00
1	376	23.44	11.89	11.54	23.43	2.6596E+01
2	376	23.44	11.74	11.69	23.43	2.6596E+01
3	376	23.44	12.24	11.19	23.43	2.6596E+01
4	376	23.44	11.55	11.88	23.43	2.6596E+01
5	376	23.44	11.58	11.85	23.43	2.6596E+01
6	376	23.44	11.88	11.55	23.43	2.6596E+01
7	376	23.44	12.31	11.13	23.44	0.0000E+00
8	376	23.44	11.63	11.81	23.44	0.0000E+00
9	376	23.44	11.76	11.68	23.44	9.4487E-12
10	376	23.44	11.77	11.66	23.43	2.6596E+01
11	376	23.44	11.66	11.77	23.43	2.6596E+01
12	376	23.44	11.88	11.54	23.42	5.3191E+01
13	376	23.44	11.54	11.88	23.42	5.3191E+01
14	376	23.44	11.88	11.54	23.42	5.3191E+01
15	376	23.44	11.64	11.77	23.41	7.9787E+01
16	376	23.44	11.53	11.88	23.41	7.9787E+01
17	376	23.44	11.88	11.53	23.41	7.9787E+01
18	376	23.44	10.65	12.76	23.41	7.9787E+01
19	376	23.44	11.72	11.69	23.41	7.9787E+01
20	376	23.44	11.82	11.58	23.4	1.0638E+02
21	376	23.44	11.64	11.75	23.39	1.3298E+02
22	376	23.44	11.65	11.73	23.38	1.5957E+02
23	376	23.44	11.51	11.86	23.37	1.8617E+02
24	376	23.44	11.53	11.84	23.37	1.8617E+02
25	376	23.44	11.61	11.76	23.37	1.8617E+02
26	376	23.44	11.91	11.46	23.37	1.8617E+02
27	376	23.44	11.68	11.69	23.37	1.8617E+02
28	376	23.44	11.75	11.62	23.37	1.8617E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 0%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.11	10.55	12.56	23.11	0.00000E+00
1	376	23.11	11.25	11.86	23.11	0.00000E+00
2	376	23.11	11.86	11.24	23.1	2.65957E+01
3	376	23.11	10.66	12.44	23.1	2.65957E+01
4	376	23.11	11.81	11.29	23.1	2.65957E+01
5	376	23.11	11.65	11.45	23.1	2.65957E+01
6	376	23.11	11.44	11.66	23.1	2.65957E+01
7	376	23.11	11.85	11.25	23.1	2.65957E+01
8	376	23.11	11.58	11.52	23.1	2.65957E+01
9	376	23.11	11.89	11.2	23.09	5.31915E+01
10	376	23.11	11.29	11.8	23.09	5.31915E+01
11	376	23.11	11.82	11.27	23.09	5.31915E+01
12	376	23.11	11.76	11.33	23.09	5.31915E+01
13	376	23.11	11.82	11.27	23.09	5.31915E+01
14	376	23.11	11.74	11.35	23.09	5.31915E+01
15	376	23.11	12.22	10.86	23.08	7.97872E+01
16	376	23.11	10.83	12.24	23.07	1.06383E+02
17	376	23.11	10.23	12.83	23.06	1.32979E+02
18	376	23.11	11.19	11.86	23.05	1.59574E+02
19	376	23.11	11.1	11.95	23.05	1.59574E+02
20	376	23.11	11.15	11.9	23.05	1.59574E+02
21	376	23.11	11.87	11.17	23.04	1.86170E+02
22	376	23.11	11.93	11.11	23.04	1.86170E+02
23	376	23.11	11.86	11.18	23.04	1.86170E+02
24	376	23.11	10.94	12.09	23.03	2.12766E+02
25	376	23.11	11.16	11.87	23.03	2.12766E+02
26	376	23.11	11.83	11.19	23.02	2.39362E+02
27	376	23.11	11.55	11.47	23.02	2.39362E+02
28	376	23.11	11.83	11.19	23.02	2.39362E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 0%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	22.16	11.33	10.83	22.16	0.00000E+00
1	376	22.16	11.83	10.32	22.15	2.65957E+01
2	376	22.16	10.8	11.35	22.15	2.65957E+01
3	376	22.16	12.9	9.25	22.15	2.65957E+01
4	376	22.16	11.55	10.6	22.15	2.65957E+01
5	376	22.16	11.59	10.56	22.15	2.65957E+01
6	376	22.16	10.56	11.59	22.15	2.65957E+01
7	376	22.16	11.49	10.65	22.14	5.31915E+01
8	376	22.16	11.1	11.04	22.14	5.31915E+01
9	376	22.16	11.04	11.1	22.14	5.31915E+01
10	376	22.16	11.1	11.04	22.14	5.31915E+01
11	376	22.16	11.08	11.05	22.13	7.97872E+01
12	376	22.16	11.11	11.02	22.13	7.97872E+01
13	376	22.16	10.05	12.08	22.13	7.97872E+01
14	376	22.16	11.08	11.04	22.12	1.06383E+02
15	376	22.16	11.02	11.1	22.12	1.06383E+02
16	376	22.16	10.62	11.49	22.11	1.32979E+02
17	376	22.16	11.49	10.62	22.11	1.32979E+02
18	376	22.16	10.94	11.17	22.11	1.32979E+02
19	376	22.16	11.02	11.08	22.1	1.59574E+02
20	376	22.16	11	11.1	22.1	1.59574E+02
21	376	22.16	11.14	10.96	22.1	1.59574E+02
22	376	22.16	10.5	11.6	22.1	1.59574E+02
23	376	22.16	10.86	11.23	22.09	1.86170E+02
24	376	22.16	10.97	11.12	22.09	1.86170E+02
25	376	22.16	10.85	11.23	22.08	2.12766E+02
26	376	22.16	10.98	11.1	22.08	2.12766E+02
27	376	22.16	11.05	11.03	22.08	2.12766E+02
28	376	22.16	11.22	10.86	22.08	2.12766E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.55	10.32	13.23	23.55	0.0000E+00
1	376	23.55	12.23	11.32	23.55	0.0000E+00
2	376	23.55	13.02	10.52	23.54	2.6596E+01
3	376	23.55	12.04	11.5	23.54	2.6596E+01
4	376	23.55	11.68	11.86	23.54	2.6596E+01
5	376	23.55	11.85	11.69	23.54	2.6596E+01
6	376	23.55	11.7	11.84	23.54	2.6596E+01
7	376	23.55	11.7	11.84	23.54	2.6596E+01
8	376	23.55	11.82	11.72	23.54	2.6596E+01
9	376	23.55	11.75	11.79	23.54	2.6596E+01
10	376	23.55	11.84	11.7	23.54	2.6596E+01
11	376	23.55	11.75	11.78	23.53	5.3191E+01
12	376	23.55	11.68	11.85	23.53	5.3191E+01
13	376	23.55	11.85	11.68	23.53	5.3191E+01
14	376	23.55	11.69	11.83	23.52	7.9787E+01
15	376	23.55	11.82	11.69	23.51	1.0638E+02
16	376	23.55	11.72	11.78	23.5	1.3298E+02
17	376	23.55	11.71	11.78	23.49	1.5957E+02
18	376	23.55	11.67	11.81	23.48	1.8617E+02
19	376	23.55	11.68	11.8	23.48	1.8617E+02
20	376	23.55	11.85	11.63	23.48	1.8617E+02
21	376	23.55	12.1	11.38	23.48	1.8617E+02
22	376	23.55	11.35	12.13	23.48	1.8617E+02
23	376	23.55	11.37	12.1	23.47	2.1277E+02
24	376	23.55	12.12	11.35	23.47	2.1277E+02
25	376	23.55	11.56	11.91	23.47	2.1277E+02
26	376	23.55	11.77	11.7	23.47	2.1277E+02
27	376	23.55	11.53	11.94	23.47	2.1277E+02
28	376	23.55	11.35	12.12	23.47	2.1277E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.98	12.11	11.87	23.98	0.0000E+00
1	376	23.98	12.87	11.1	23.97	2.6596E+01
2	376	23.98	12.21	11.76	23.97	2.6596E+01
3	376	23.98	11.76	12.21	23.97	2.6596E+01
4	376	23.98	11.1	12.86	23.96	5.3191E+01
5	376	23.98	11.85	12.11	23.96	5.3191E+01
6	376	23.98	12.11	11.84	23.95	7.9787E+01
7	376	23.98	11.97	11.98	23.95	7.9787E+01
8	376	23.98	12.14	11.81	23.95	7.9787E+01
9	376	23.98	12.45	11.5	23.95	7.9787E+01
10	376	23.98	11.89	12.06	23.95	7.9787E+01
11	376	23.98	11.89	12.06	23.95	7.9787E+01
12	376	23.98	12.06	11.89	23.95	7.9787E+01
13	376	23.98	11.99	11.95	23.94	1.0638E+02
14	376	23.98	11.95	11.99	23.94	1.0638E+02
15	376	23.98	11.52	12.41	23.93	1.3298E+02
16	376	23.98	11.85	12.08	23.93	1.3298E+02
17	376	23.98	12.07	11.86	23.93	1.3298E+02
18	376	23.98	12.4	11.53	23.93	1.3298E+02
19	376	23.98	11.97	11.94	23.91	1.8617E+02
20	376	23.98	11.73	12.17	23.9	2.1277E+02
21	376	23.98	11.91	11.99	23.9	2.1277E+02
22	376	23.98	11.85	12.04	23.89	2.3936E+02
23	376	23.98	11.79	12.1	23.89	2.3936E+02
24	376	23.98	12.04	11.85	23.89	2.3936E+02
25	376	23.98	12	11.89	23.89	2.3936E+02
26	376	23.98	11.99	11.9	23.89	2.3936E+02
27	376	23.98	11.94	11.95	23.89	2.3936E+02
28	376	23.98	11.94	11.95	23.89	2.3936E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	377	24.08	11.11	12.97	24.08	0.00000E+00
1	377	24.08	12.23	11.85	24.08	0.00000E+00
2	377	24.08	11.84	12.23	24.07	2.65252E+01
3	377	24.08	12.03	12.03	24.06	5.30504E+01
4	377	24.08	12.73	11.31	24.04	1.06101E+02
5	377	24.08	12.04	12	24.04	1.06101E+02
6	377	24.08	11.94	12.09	24.03	1.32626E+02
7	377	24.08	12.18	11.85	24.03	1.32626E+02
8	377	24.08	12.59	11.43	24.02	1.59151E+02
9	377	24.08	12.09	11.93	24.02	1.59151E+02
10	377	24.08	12.3	11.72	24.02	1.59151E+02
11	377	24.08	12.08	11.94	24.02	1.59151E+02
12	377	24.08	12.97	11.05	24.02	1.59151E+02
13	377	24.08	12.05	11.97	24.02	1.59151E+02
14	377	24.08	12.97	11.05	24.02	1.59151E+02
15	377	24.08	12.05	11.97	24.02	1.59151E+02
16	377	24.08	11.97	12.05	24.02	1.59151E+02
17	377	24.08	11.81	12.21	24.02	1.59151E+02
18	377	24.08	12.21	11.81	24.02	1.59151E+02
19	377	24.08	11.21	12.81	24.02	1.59151E+02
20	377	24.08	11.98	12.04	24.02	1.59151E+02
21	377	24.08	12.01	12	24.01	1.85676E+02
22	377	24.08	12.21	11.8	24.01	1.85676E+02
23	377	24.08	12.02	11.99	24.01	1.85676E+02
24	377	24.08	11.97	12.03	24	2.12202E+02
25	377	24.08	12.03	11.97	24	2.12202E+02
26	377	24.08	12.15	11.85	24	2.12202E+02
27	377	24.08	12.13	11.86	23.99	2.38727E+02
28	377	24.08	11.97	12.02	23.99	2.38727E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	24.20	13.24	10.96	24.2	0.0000E+00
1	376	24.20	12.86	11.34	24.2	0.0000E+00
2	376	24.20	12.07	12.12	24.19	2.6596E+01
3	376	24.20	12.72	11.46	24.18	5.3191E+01
4	376	24.20	12.09	12.08	24.17	7.9787E+01
5	376	24.20	12.09	12.08	24.17	7.9787E+01
6	376	24.20	12.07	12.1	24.17	7.9787E+01
7	376	24.20	12.36	11.81	24.17	7.9787E+01
8	376	24.20	12.01	12.16	24.17	7.9787E+01
9	376	24.20	12.1	12.06	24.16	1.0638E+02
10	376	24.20	12.06	12.1	24.16	1.0638E+02
11	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.3298E+02
12	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.3298E+02
13	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.3298E+02
14	376	24.20	12.62	11.53	24.15	1.3298E+02
15	376	24.20	12.61	11.53	24.14	1.5957E+02
16	376	24.20	12.53	11.61	24.14	1.5957E+02
17	376	24.20	12.09	12.05	24.14	1.5957E+02
18	376	24.20	12.08	12.04	24.12	2.1277E+02
19	376	24.20	12.01	12.12	24.13	1.8617E+02
20	376	24.20	12.05	12.07	24.12	2.1277E+02
21	376	24.20	12.03	12.09	24.12	2.1277E+02
22	376	24.20	12.04	12.08	24.12	2.1277E+02
23	376	24.20	12.13	11.99	24.12	2.1277E+02
24	376	24.20	12.06	12.05	24.11	2.3936E+02
25	376	24.20	12.09	12.02	24.11	2.3936E+02
26	376	24.20	12.07	12.04	24.11	2.3936E+02
27	376	24.20	12.09	12.02	24.11	2.3936E+02
28	376	24.20	11.95	12.16	24.11	2.3936E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.98	12.11	11.87	23.98	0.0000E+00
1	376	23.98	12.87	11.1	23.97	2.6596E+01
2	376	23.98	12.21	11.76	23.97	2.6596E+01
3	376	23.98	11.76	12.21	23.97	2.6596E+01
4	376	23.98	11.1	12.86	23.96	5.3191E+01
5	376	23.98	11.85	12.11	23.96	5.3191E+01
6	376	23.98	12.11	11.84	23.95	7.9787E+01
7	376	23.98	11.97	11.98	23.95	7.9787E+01
8	376	23.98	12.14	11.81	23.95	7.9787E+01
9	376	23.98	12.45	11.5	23.95	7.9787E+01
10	376	23.98	11.89	12.06	23.95	7.9787E+01
11	376	23.98	11.89	12.06	23.95	7.9787E+01
12	376	23.98	12.06	11.89	23.95	7.9787E+01
13	376	23.98	11.99	11.95	23.94	1.0638E+02
14	376	23.98	11.95	11.99	23.94	1.0638E+02
15	376	23.98	11.52	12.41	23.93	1.3298E+02
16	376	23.98	11.85	12.08	23.93	1.3298E+02
17	376	23.98	12.07	11.86	23.93	1.3298E+02
18	376	23.98	12.4	11.53	23.93	1.3298E+02
19	376	23.98	11.97	11.94	23.91	1.8617E+02
20	376	23.98	11.73	12.17	23.9	2.1277E+02
21	376	23.98	11.91	11.99	23.9	2.1277E+02
22	376	23.98	11.85	12.04	23.89	2.3936E+02
23	376	23.98	11.79	12.1	23.89	2.3936E+02
24	376	23.98	12.04	11.85	23.89	2.3936E+02
25	376	23.98	12	11.89	23.89	2.3936E+02
26	376	23.98	11.99	11.89	23.88	2.6596E+02
27	376	23.98	11.94	11.94	23.88	2.6596E+02
28	376	23.98	11.94	11.94	23.88	2.6596E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.55	10.32	13.23	23.55	0.00000E+00
1	376	23.55	12.23	11.32	23.55	0.00000E+00
2	376	23.55	13.02	10.52	23.54	2.65957E+01
3	376	23.55	12.04	11.5	23.54	2.65957E+01
4	376	23.55	11.68	11.86	23.54	2.65957E+01
5	376	23.55	11.85	11.69	23.54	2.65957E+01
6	376	23.55	11.7	11.84	23.54	2.65957E+01
7	376	23.55	11.7	11.84	23.54	2.65957E+01
8	376	23.55	11.82	11.72	23.54	2.65957E+01
9	376	23.55	11.75	11.79	23.54	2.65957E+01
10	376	23.55	11.84	11.7	23.54	2.65957E+01
11	376	23.55	11.75	11.78	23.53	5.31915E+01
12	376	23.55	11.68	11.85	23.53	5.31915E+01
13	376	23.55	11.85	11.68	23.53	5.31915E+01
14	376	23.55	11.69	11.83	23.52	7.97872E+01
15	376	23.55	11.82	11.69	23.51	1.06383E+02
16	376	23.55	11.72	11.78	23.5	1.32979E+02
17	376	23.55	11.71	11.78	23.49	1.59574E+02
18	376	23.55	11.67	11.81	23.48	1.86170E+02
19	376	23.55	11.68	11.8	23.48	1.86170E+02
20	376	23.55	11.85	11.63	23.48	1.86170E+02
21	376	23.55	12.1	11.38	23.48	1.86170E+02
22	376	23.55	11.35	12.13	23.48	1.86170E+02
23	376	23.55	11.37	12.1	23.47	2.12766E+02
24	376	23.55	12.12	11.35	23.47	2.12766E+02
25	376	23.55	11.56	11.91	23.47	2.12766E+02
26	376	23.55	11.77	11.7	23.47	2.12766E+02
27	376	23.55	11.53	11.94	23.47	2.12766E+02
28	376	23.55	11.35	12.12	23.47	2.12766E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	377	24.57	11.75	12.82	24.57	0.0000E+00
1	377	24.57	12.66	11.91	24.57	0.0000E+00
2	377	24.57	11.95	12.6	24.55	5.3050E+01
3	377	24.57	11.68	12.87	24.55	5.3050E+01
4	377	24.57	11.68	12.87	24.55	5.3050E+01
5	377	24.57	11.99	12.55	24.54	7.9576E+01
6	377	24.57	12.57	11.97	24.54	7.9576E+01
7	377	24.57	11.99	12.55	24.54	7.9576E+01
8	377	24.57	12.44	12.1	24.54	7.9576E+01
9	377	24.57	12.11	12.43	24.54	7.9576E+01
10	377	24.57	12.44	12.1	24.54	7.9576E+01
11	377	24.57	12.19	12.34	24.53	1.0610E+02
12	377	24.57	12.37	12.16	24.53	1.0610E+02
13	377	24.57	12.3	12.23	24.53	1.0610E+02
14	377	24.57	13.09	11.43	24.52	1.3263E+02
15	377	24.57	13.09	11.43	24.52	1.3263E+02
16	377	24.57	12.38	12.14	24.52	1.3263E+02
17	377	24.57	12.22	12.3	24.52	1.3263E+02
18	377	24.57	12.22	12.3	24.52	1.3263E+02
19	377	24.57	12.05	12.45	24.5	1.8568E+02
20	377	24.57	12.2	12.29	24.49	2.1220E+02
21	377	24.57	12.16	12.33	24.49	2.1220E+02
22	377	24.57	12.39	12.1	24.49	2.1220E+02
23	377	24.57	12.22	12.27	24.49	2.1220E+02
24	377	24.57	12.27	12.22	24.49	2.1220E+02
25	377	24.57	12.2	12.29	24.49	2.1220E+02
26	377	24.57	12.22	12.27	24.49	2.1220E+02
27	377	24.57	12.26	12.23	24.49	2.1220E+02
28	377	24.57	12.27	12.22	24.49	2.1220E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.90	12.83	11.07	23.9	0.0000E+00
1	376	23.90	12.45	11.44	23.89	2.6596E+01
2	376	23.90	11.83	12.05	23.88	5.3191E+01
3	376	23.90	11.45	12.43	23.88	5.3191E+01
4	376	23.90	11.69	12.19	23.88	5.3191E+01
5	376	23.90	11.69	12.19	23.88	5.3191E+01
6	376	23.90	11.97	11.91	23.88	5.3191E+01
7	376	23.90	11.98	11.9	23.88	5.3191E+01
8	376	23.90	11.97	11.9	23.87	7.9787E+01
9	376	23.90	11.91	11.95	23.86	1.0638E+02
10	376	23.90	11.95	11.91	23.86	1.0638E+02
11	376	23.90	12	11.86	23.86	1.0638E+02
12	376	23.90	12	11.85	23.85	1.3298E+02
13	376	23.90	12.49	11.34	23.83	1.8617E+02
14	376	23.90	11.34	12.49	23.83	1.8617E+02
15	376	23.90	11.34	12.49	23.83	1.8617E+02
16	376	23.90	12.49	11.34	23.83	1.8617E+02
17	376	23.90	11.97	11.84	23.81	2.3936E+02
18	376	23.90	11.91	11.9	23.81	2.3936E+02
19	376	23.90	11.86	11.95	23.81	2.3936E+02
20	376	23.90	11.82	11.99	23.81	2.3936E+02
21	376	23.90	11.88	11.92	23.8	2.6596E+02
22	376	23.90	11.93	11.87	23.8	2.6596E+02
23	376	23.90	11.94	11.85	23.79	2.9255E+02
24	376	23.90	11.6	12.18	23.78	3.1915E+02
25	376	23.90	11.96	11.82	23.78	3.1915E+02
26	376	23.90	11.92	11.86	23.78	3.1915E+02
27	376	23.90	11.89	11.89	23.78	3.1915E+02
28	376	23.90	11.89	11.89	23.78	3.1915E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารลดน้ำ 1.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	24.20	13.24	10.96	24.2	0.00000E+00
1	376	24.20	12.86	11.34	24.2	0.00000E+00
2	376	24.20	12.07	12.12	24.19	2.65957E+01
3	376	24.20	12.72	11.46	24.18	5.31915E+01
4	376	24.20	12.09	12.08	24.17	7.97872E+01
5	376	24.20	12.09	12.08	24.17	7.97872E+01
6	376	24.20	12.07	12.1	24.17	7.97872E+01
7	376	24.20	12.36	11.81	24.17	7.97872E+01
8	376	24.20	12.01	12.16	24.17	7.97872E+01
9	376	24.20	12.1	12.06	24.16	1.06383E+02
10	376	24.20	12.06	12.1	24.16	1.06383E+02
11	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.32979E+02
12	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.32979E+02
13	376	24.20	12.1	12.05	24.15	1.32979E+02
14	376	24.20	12.62	11.53	24.15	1.32979E+02
15	376	24.20	12.61	11.53	24.14	1.59574E+02
16	376	24.20	12.53	11.61	24.14	1.59574E+02
17	376	24.20	12.09	12.05	24.14	1.59574E+02
18	376	24.20	12.08	12.04	24.12	2.12766E+02
19	376	24.20	12.01	12.12	24.13	1.86170E+02
20	376	24.20	12.05	12.07	24.12	2.12766E+02
21	376	24.20	12.03	12.09	24.12	2.12766E+02
22	376	24.20	12.04	12.08	24.12	2.12766E+02
23	376	24.20	12.13	11.99	24.12	2.12766E+02
24	376	24.20	12.06	12.06	24.12	2.12766E+02
25	376	24.20	12.09	12.03	24.12	2.12766E+02
26	376	24.20	12.07	12.04	24.11	2.39362E+02
27	376	24.20	12.09	12.02	24.11	2.39362E+02
28	376	24.20	11.95	12.16	24.11	2.39362E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 0.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	379	24.06	11.92	12.14	24.06	0.0000E+00
1	379	24.06	11.85	12.2	24.05	2.6385E+01
2	379	24.06	11.73	12.32	24.05	2.6385E+01
3	379	24.06	13.31	10.74	24.05	2.6385E+01
4	379	24.06	12.21	11.84	24.05	2.6385E+01
5	379	24.06	11.96	12.08	24.04	5.2770E+01
6	379	24.06	12.36	11.67	24.03	7.9156E+01
7	379	24.06	12.07	11.96	24.03	7.9156E+01
8	379	24.06	11.62	12.41	24.03	7.9156E+01
9	379	24.06	12.08	11.95	24.03	7.9156E+01
10	379	24.06	12.06	11.97	24.03	7.9156E+01
11	379	24.06	12.22	11.8	24.02	1.0554E+02
12	379	24.06	11.35	12.67	24.02	1.0554E+02
13	379	24.06	11.67	12.35	24.02	1.0554E+02
14	379	24.06	11.35	12.67	24.02	1.0554E+02
15	379	24.06	11.98	12.03	24.01	1.3193E+02
16	379	24.06	11.48	12.53	24.01	1.3193E+02
17	379	24.06	12.02	11.98	24	1.5831E+02
18	379	24.06	12.52	11.48	24	1.5831E+02
19	379	24.06	12.52	11.47	23.99	1.8470E+02
20	379	24.06	11.98	12.01	23.99	1.8470E+02
21	379	24.06	12.04	11.95	23.99	1.8470E+02
22	379	24.06	11.85	12.13	23.98	2.1108E+02
23	379	24.06	11.99	11.99	23.98	2.1108E+02
24	379	24.06	12.82	11.16	23.98	2.1108E+02
25	379	24.06	11.9	12.08	23.98	2.1108E+02
26	379	24.06	11.9	12.08	23.98	2.1108E+02
27	379	24.06	12.9	11.08	23.98	2.1108E+02
28	379	24.06	12.07	11.91	23.98	2.1108E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 0.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	378	20.40	11.23	9.17	20.4	0.0000E+00
1	378	20.40	11.69	8.71	20.4	0.0000E+00
2	378	20.40	10.85	9.55	20.4	0.0000E+00
3	378	20.40	10.11	10.29	20.4	0.0000E+00
4	378	20.40	12.31	8.08	20.39	2.6455E+01
5	378	20.40	10.14	10.25	20.39	2.6455E+01
6	378	20.40	10.16	10.23	20.39	2.6455E+01
7	378	20.40	10.23	10.16	20.39	2.6455E+01
8	378	20.40	10.05	10.34	20.39	2.6455E+01
9	378	20.40	9.85	10.54	20.39	2.6455E+01
10	378	20.40	10.05	10.35	20.4	0.0000E+00
11	378	20.40	10.18	10.22	20.4	0.0000E+00
12	378	20.40	10.12	10.28	20.4	0.0000E+00
13	378	20.40	10.12	10.27	20.39	2.6455E+01
14	378	20.40	10.25	10.13	20.38	5.2910E+01
15	378	20.40	10.01	10.36	20.37	7.9365E+01
16	378	20.40	10.24	10.12	20.36	1.0582E+02
17	378	20.40	10.85	9.51	20.36	1.0582E+02
18	378	20.40	10.12	10.24	20.36	1.0582E+02
19	378	20.40	9.85	10.51	20.36	1.0582E+02
20	378	20.40	10.34	10	20.34	1.5873E+02
21	378	20.40	10.22	10.12	20.34	1.5873E+02
22	378	20.40	10.18	10.16	20.34	1.5873E+02
23	378	20.40	10.15	10.19	20.34	1.5873E+02
24	378	20.40	10.28	10.05	20.33	1.8519E+02
25	378	20.40	10.18	10.15	20.33	1.8519E+02
26	378	20.40	10.16	10.17	20.33	1.8519E+02
27	378	20.40	10.19	10.13	20.32	2.1164E+02
28	378	20.40	10.11	10.21	20.32	2.1164E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 0.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	378	25.21	12.78	12.43	25.21	0.00000E+00
1	378	25.21	12.68	12.53	25.21	0.00000E+00
2	378	25.21	12.7	12.5	25.2	2.64550E+01
3	378	25.21	12.71	12.49	25.2	2.64550E+01
4	378	25.21	13.09	12.1	25.19	5.29101E+01
5	378	25.21	12.78	12.4	25.18	7.93651E+01
6	378	25.21	12.84	12.33	25.17	1.05820E+02
7	378	25.21	12.33	12.84	25.17	1.05820E+02
8	378	25.21	12.48	12.69	25.17	1.05820E+02
9	378	25.21	12.6	12.57	25.17	1.05820E+02
10	378	25.21	12.7	12.45	25.15	1.58730E+02
11	378	25.21	12.43	12.71	25.14	1.85185E+02
12	378	25.21	12.39	12.74	25.13	2.11640E+02
13	378	25.21	11.39	13.74	25.13	2.11640E+02
14	378	25.21	13.74	11.39	25.13	2.11640E+02
15	378	25.21	12.79	12.34	25.13	2.11640E+02
16	378	25.21	12.38	12.74	25.12	2.38095E+02
17	378	25.21	13.52	11.6	25.12	2.38095E+02
18	378	25.21	11.6	13.52	25.12	2.38095E+02
19	378	25.21	11.6	13.51	25.11	2.64550E+02
20	378	25.21	12.32	12.79	25.11	2.64550E+02
21	378	25.21	12.31	12.8	25.11	2.64550E+02
22	378	25.21	12.16	12.93	25.09	3.17460E+02
23	378	25.21	12.2	12.88	25.08	3.43915E+02
24	378	25.21	12.24	12.84	25.08	3.43915E+02
25	378	25.21	12.77	12.31	25.08	3.43915E+02
26	378	25.21	12.67	12.41	25.08	3.43915E+02
27	378	25.21	12.54	12.54	25.08	3.43915E+02
28	378	25.21	12.74	12.34	25.08	3.43915E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.65	13.49	10.16	23.65	0.0000E+00
1	376	23.65	12.25	11.4	23.65	0.0000E+00
2	376	23.65	12.49	11.16	23.65	0.0000E+00
3	376	23.65	11.47	12.18	23.65	0.0000E+00
4	376	23.65	11.8	11.84	23.64	2.6596E+01
5	376	23.65	11.8	11.84	23.64	2.6596E+01
6	376	23.65	11.7	11.94	23.64	2.6596E+01
7	376	23.65	11.66	11.96	23.62	7.9787E+01
8	376	23.65	11.65	11.96	23.61	1.0638E+02
9	376	23.65	11.9	11.71	23.61	1.0638E+02
10	376	23.65	11.78	11.81	23.59	1.5957E+02
11	376	23.65	11.81	11.78	23.59	1.5957E+02
12	376	23.65	11.73	11.86	23.59	1.5957E+02
13	376	23.65	11.88	11.71	23.59	1.5957E+02
14	376	23.65	11.78	11.81	23.59	1.5957E+02
15	376	23.65	11.8	11.78	23.58	1.8617E+02
16	376	23.65	11.5	12.09	23.59	1.5957E+02
17	376	23.65	11.87	11.72	23.59	1.5957E+02
18	376	23.65	11.87	11.72	23.59	1.5957E+02
19	376	23.65	11.96	11.63	23.59	1.5957E+02
20	376	23.65	11.91	11.67	23.58	1.8617E+02
21	376	23.65	11.92	11.65	23.57	2.1277E+02
22	376	23.65	11.66	11.91	23.57	2.1277E+02
23	376	23.65	11.71	11.86	23.57	2.1277E+02
24	376	23.65	11.92	11.64	23.56	2.3936E+02
25	376	23.65	11.92	11.64	23.56	2.3936E+02
26	376	23.65	11.67	11.89	23.56	2.3936E+02
27	376	23.65	11.91	11.65	23.56	2.3936E+02
28	376	23.65	11.83	11.73	23.56	2.3936E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.62	12.12	11.5	23.62	9.4487E-12
1	376	23.62	10.61	13.01	23.62	9.4487E-12
2	376	23.62	12.12	11.49	23.61	2.6596E+01
3	376	23.62	11.92	11.67	23.59	7.9787E+01
4	376	23.62	11.67	11.92	23.59	7.9787E+01
5	376	23.62	11.68	11.91	23.59	7.9787E+01
6	376	23.62	11.79	11.8	23.59	7.9787E+01
7	376	23.62	11.82	11.77	23.59	7.9787E+01
8	376	23.62	11.65	11.94	23.59	7.9787E+01
9	376	23.62	11.77	11.82	23.59	7.9787E+01
10	376	23.62	11.77	11.82	23.59	7.9787E+01
11	376	23.62	11.67	11.91	23.58	1.0638E+02
12	376	23.62	11.9	11.67	23.57	1.3298E+02
13	376	23.62	11.64	11.92	23.56	1.5957E+02
14	376	23.62	11.92	11.64	23.56	1.5957E+02
15	376	23.62	11.92	11.64	23.56	1.5957E+02
16	376	23.62	11.78	11.78	23.56	1.5957E+02
17	376	23.62	11.74	11.82	23.56	1.5957E+02
18	376	23.62	11.61	11.94	23.55	1.8617E+02
19	376	23.62	11.5	12.04	23.54	2.1277E+02
20	376	23.62	11.61	11.92	23.53	2.3936E+02
21	376	23.62	11.5	12.03	23.53	2.3936E+02
22	376	23.62	11.61	11.92	23.53	2.3936E+02
23	376	23.62	11.92	11.61	23.53	2.3936E+02
24	376	23.62	12.05	11.47	23.52	2.6596E+02
25	376	23.62	12.02	11.50	23.52	2.6596E+02
26	376	23.62	11.85	11.67	23.52	2.6596E+02
27	376	23.62	11.91	11.61	23.52	2.6596E+02
28	376	23.62	11.87	11.65	23.52	2.6596E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	377	22.50	9.8	12.7	22.5	0.00000E+00
1	377	22.50	10.63	11.84	22.47	7.95756E+01
2	377	22.50	11.71	10.74	22.45	1.32626E+02
3	377	22.50	11.34	11.11	22.45	1.32626E+02
4	377	22.50	11.04	11.4	22.44	1.59151E+02
5	377	22.50	11.04	11.4	22.44	1.59151E+02
6	377	22.50	11.43	11.02	22.45	1.32626E+02
7	377	22.50	11.03	11.42	22.45	1.32626E+02
8	377	22.50	11.34	11.11	22.45	1.32626E+02
9	377	22.50	11.2	11.24	22.44	1.59151E+02
10	377	22.50	11.24	11.2	22.44	1.59151E+02
11	377	22.50	11.2	11.24	22.44	1.59151E+02
12	377	22.50	11.34	11.09	22.43	1.85676E+02
13	377	22.50	11.09	11.34	22.43	1.85676E+02
14	377	22.50	11.09	11.34	22.43	1.85676E+02
15	377	22.50	12.08	10.34	22.42	2.12202E+02
16	377	22.50	11.2	11.2	22.4	2.65252E+02
17	377	22.50	11.07	11.33	22.4	2.65252E+02
18	377	22.50	11.29	11.11	22.4	2.65252E+02
19	377	22.50	11.15	11.24	22.39	2.91777E+02
20	377	22.50	11.1	11.28	22.38	3.18302E+02
21	377	22.50	11.23	11.15	22.38	3.18302E+02
22	377	22.50	11.18	11.2	22.38	3.18302E+02
23	377	22.50	11.2	11.18	22.38	3.18302E+02
24	377	22.50	11.2	11.18	22.38	3.18302E+02
25	377	22.50	11.28	11.10	22.38	3.18302E+02
26	377	22.50	11.15	11.23	22.38	3.18302E+02
27	377	22.50	11.28	11.1	22.38	3.18302E+02
28	377	22.50	11.13	11.25	22.38	3.18302E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1.5%						
Sample 1	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	23.20	10.05	13.15	23.20	0.0000E+00
1	376	23.20	11.22	11.97	23.19	2.6596E+01
2	376	23.20	11.7	11.47	23.17	7.9787E+01
3	376	23.20	11.46	11.7	23.16	1.0638E+02
4	376	23.20	11.82	11.33	23.15	1.3298E+02
5	376	23.20	11.92	11.24	23.16	1.0638E+02
6	376	23.20	11.67	11.49	23.16	1.0638E+02
7	376	23.20	11.77	11.39	23.16	1.0638E+02
8	376	23.20	11.68	11.48	23.16	1.0638E+02
9	376	23.20	11.46	11.69	23.15	1.3298E+02
10	376	23.20	11.57	11.57	23.14	1.5957E+02
11	376	23.20	11.58	11.56	23.14	1.5957E+02
12	376	23.20	11.54	11.58	23.12	2.1277E+02
13	376	23.20	11.46	11.66	23.12	2.1277E+02
14	376	23.20	10.04	13.08	23.12	2.1277E+02
15	376	23.20	10.04	13.08	23.12	2.1277E+02
16	376	23.20	11.56	11.56	23.12	2.1277E+02
17	376	23.20	11.87	11.24	23.11	2.3936E+02
18	376	23.20	11.76	11.35	23.11	2.3936E+02
19	376	23.20	11.76	11.35	23.11	2.3936E+02
20	376	23.20	11.57	11.53	23.1	2.6596E+02
21	376	23.20	11.23	11.87	23.1	2.6596E+02
22	376	23.20	11.28	11.82	23.1	2.6596E+02
23	376	23.20	11.57	11.52	23.09	2.9255E+02
24	376	23.20	11.86	11.23	23.09	2.9255E+02
25	376	23.20	11.5	11.59	23.09	2.9255E+02
26	376	23.20	11.47	11.62	23.09	2.9255E+02
27	376	23.20	11.63	11.46	23.09	2.9255E+02
28	376	23.20	11.64	11.45	23.09	2.9255E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1.5%						
Sample 2	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	376	24.15	13.6	10.55	24.15	0.0000E+00
1	376	24.15	11.99	12.16	24.15	0.0000E+00
2	376	24.15	11.99	12.15	24.14	2.6596E+01
3	376	24.15	12.11	12.02	24.13	5.3191E+01
4	376	24.15	12.14	11.98	24.12	7.9787E+01
5	376	24.15	12.08	12.03	24.11	1.0638E+02
6	376	24.15	12.11	12	24.11	1.0638E+02
7	376	24.15	12.08	12.01	24.09	1.5957E+02
8	376	24.15	12.07	12.01	24.08	1.8617E+02
9	376	24.15	12.03	12.04	24.07	2.1277E+02
10	376	24.15	12.03	12.04	24.07	2.1277E+02
11	376	24.15	12.07	12	24.07	2.1277E+02
12	376	24.15	12.03	12.04	24.07	2.1277E+02
13	376	24.15	12.17	11.89	24.06	2.3936E+02
14	376	24.15	11.89	12.17	24.06	2.3936E+02
15	376	24.15	12.07	11.98	24.05	2.6596E+02
16	376	24.15	12.03	12	24.03	3.1915E+02
17	376	24.15	12.04	11.99	24.03	3.1915E+02
18	376	24.15	12.05	11.98	24.03	3.1915E+02
19	376	24.15	11.95	12.08	24.03	3.1915E+02
20	376	24.15	12	12.03	24.03	3.1915E+02
21	376	24.15	11.96	12.07	24.03	3.1915E+02
22	376	24.15	12	12.03	24.03	3.1915E+02
23	376	24.15	11.96	12.07	24.03	3.1915E+02
24	376	24.15	12	12.01	24.01	3.7234E+02
25	376	24.15	12.96	11.05	24.01	3.7234E+02
26	376	24.15	12.01	12	24.01	3.7234E+02
27	376	24.15	11.97	12.04	24.01	3.7234E+02
28	376	24.15	12.03	11.98	24.01	3.7234E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต สารเร่ง 1.5%						
Sample 3	Lo	Xo	X1		X1	%การหดตัว
			L	R		
0	377	23.12	11.91	11.21	23.12	0.00000E+00
1	377	23.12	11.59	11.52	23.11	2.65252E+01
2	377	23.12	11.39	11.72	23.11	2.65252E+01
3	377	23.12	11.72	11.39	23.11	2.65252E+01
4	377	23.12	11.86	11.25	23.11	2.65252E+01
5	377	23.12	11.19	11.92	23.11	2.65252E+01
6	377	23.12	11.5	11.6	23.1	5.30504E+01
7	377	23.12	11.29	11.81	23.1	5.30504E+01
8	377	23.12	10.15	12.94	23.09	7.95756E+01
9	377	23.12	10.8	12.29	23.09	7.95756E+01
10	377	23.12	11.28	11.8	23.08	1.06101E+02
11	377	23.12	11.61	11.46	23.07	1.32626E+02
12	377	23.12	11.46	11.61	23.07	1.32626E+02
13	377	23.12	11.26	11.81	23.07	1.32626E+02
14	377	23.12	11.59	11.46	23.05	1.85676E+02
15	377	23.12	11.87	11.17	23.04	2.12202E+02
16	377	23.12	11.52	11.52	23.04	2.12202E+02
17	377	23.12	11.65	11.38	23.03	2.38727E+02
18	377	23.12	11.7	11.32	23.02	2.65252E+02
19	377	23.12	11.38	11.64	23.02	2.65252E+02
20	377	23.12	11.43	11.59	23.02	2.65252E+02
21	377	23.12	11.21	11.81	23.02	2.65252E+02
22	377	23.12	11.42	11.6	23.02	2.65252E+02
23	377	23.12	11.32	11.7	23.02	2.65252E+02
24	377	23.12	11.21	11.81	23.02	2.65252E+02
25	377	23.12	11.7	11.32	23.02	2.65252E+02
26	377	23.12	11.6	11.42	23.02	2.65252E+02
27	377	23.12	11.81	11.21	23.02	2.65252E+02
28	377	23.12	11.32	11.7	23.02	2.65252E+02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้